



**ANALISIS PROSES *BLOW MOLDING* TERHADAP WAKTU SIKLUS
PRODUK BOTOL 100 ml DENGAN MENGGUNAKAN METODE
*RESPONSE SURFACE***

SKRIPSI

Oleh

Hirzan Rizky Haq

NIM 131910101032

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2018



**ANALISIS PROSES *BLOW MOLDING* TERHADAP WAKTU SIKLUS
PRODUK BOTOL 100 ml DENGAN MENGGUNAKAN METODE
*RESPONSE SURFACE***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah syarat untuk
menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

Hirzan Rizky Haq

NIM 131910101077

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya tercinta, Bapak Sampirin dan Ibu Artining
2. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi
3. Seluruh dosen, staff pengajar dan administrasi Fakultas Teknik Universitas
4. Keluarga Teknik Mesin 2013 yang telah memberi motivasi dan doa
5. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember

MOTO

Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi (pula) kamu menyukai sesuatu padahal ia amat buruk bagimu, Allah mengetahui

sedangkan kamu tidak mengetahui
(terjemahan Surat Al-Baqarah ayat 216)¹

Banyak hal yang bisa menjatuhkanmu, satu-satunya hal yang benar benar dapat menjatuhkanmu adalah sikapmu sendiri.

(R.A Kartini)

Semuanya akan terlihat tidak mungkin, sampai semuanya selesai

(Nelson Mandela)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hirzan Rizky Haq

NIM : 131910101032

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Analisis Proses *Blow Molding* Terhadap Waktu Siklus Produk Botol 100 ml Dengan Menggunakan Metode *Response Surface*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus di junjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Januari 2018

Yang Menyatakan,

Hirzan Rizky Haq

NIM 131910101032

SKRIPSI

**ANALISIS PROSES *BLOW MOLDING* TERHADAP WAKTU SIKLUS
PRODUK BOTOL 100 ml DENGAN MENGGUNAKAN METODE
RESPONSE SURFACE**

Oleh

Hirzan Rizky Haq

NIM 131910101032

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Santoso Mulyadi, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Hari Arbiantara B, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Proses *Blow Molding* Terhadap Waktu Siklus Produk Botol 100 ml Dengan Menggunakan Metode *Response Surface*” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal :

Tempat :

Tim Penguji

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Santoso Mulyadi, S.T., M.T.

Hari Arbiantara B, S.T., M.T.

NIP. 19700228 199702 1 001

NIP. 19670924 199412 1 001

Penguji I,

Penguji II,

M. Fahrur Rozy H., S.T., M.T

Dr. Gaguk Jatisukamto S.T., M.T.

NIP 19800307 201212 1 003

NIP 19690209 199802 1 001

Mengesahkan

Dekan,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M

NIP 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

ANALISIS PROSES *BLOW MOLDING* TERHADAP WAKTU SIKLUS PRODUK BOTOL 100 ml DENGAN MENGGUNAKAN METODE RESPONSE SURFACE

Hirzan Rizky Haq, 131910101032; 2018; 71 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Perkembangan teknologi saat ini begitu sangat pesat, terutama pada pengolahan plastik untuk produk kemasan. Plastik dinilai mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan bahan yang lain, yaitu praktis, tahan air, tahan lama dan lebih ringan.

Industri harus mampu meningkatkan produksinya dengan baik dalam kualitas maupun kuantitas. Dalam meningkatkan produksinya, pengelola harus mampu mengoptimalkan waktu siklus yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu produk. Bukan hanya waktu siklus saja yang menjadi titik acuan dalam produksi namun harus memperhitungkan tingkat kualitas produk yang diperhatikan agar sebuah industri kemasan plastik mampu bersaing dengan yang lain tanpa mengalami kerugian dalam produksinya.

PT. Berlina Tbk, merupakan industri plastik yang bergerak di bidang manufaktur. Industri ini sudah banyak memproduksi berbagai jenis produk yang telah di buat dari bahan plastic, salah satunya adalah botol 100 ml. Dalam memproduksi botol 100 ml ini, *cycle time* PT. Berlina Tbk. Belum memenuhi standart yaitu 12,75 detik. Target yang ingin dicapai perusahaan adalah 12 detik. Ini merupakan pencapaian nilai yang kurang menguntungkan bagi perusahaan karena dengan semakin lama *cycle time* produksi maka akan menambah waktu produksi. Nilai *cycle time* ini didapat dari beberapa *trial* manual yang dilakukan oleh PT. Berlina. *Cycle time* atau waktu siklus adalah waktu yang dibutuhkan mesin untuk memproduksi suatu produk. Besar kecilnya *cycle time* dapat dipengaruhi beberapa faktor : antara lain kesalahan desain *mould* dan kesalahan operasi akibat dari variabel proses yang kurang sesuai.

Dari hasil observasi dan studi literature didapatkan setting standart perusahaan yakni *blowing pressure* 7,2 bar, *blowing time* 8 detik, dan *idle time* 0,5 detik. Dengan setting perusahaan didapatkan hasil respon *cycle time* 12,75 detik dan *volume* 129 ml. Berdasarkan data tersebut optimasi dirasa perlu untuk dapat meningkatkan jumlah produksi per cavity/shiftnya.

Data yang diambil diperusahaan menggunakan desain *box benhken*. Selanjutnya dianalisis dan optimasi menggunakan software minitab 16. Dari hasil analisa data menggunakan software minitab 16 didapatkan hasil dari hasil Keadaan optimum dihasilkan pada kondisi *blowing pressure* sebesar 7,5 bar; *Blowing time* sebesar 7,65 detik, dan *idle time* 0,3 detik. Pada keadaan ini *cycle time* menjadi lebih cepat sebesar 5,12%. Dari keadaan optimum tersebut *cycle time* yang dihasilkan yaitu 12,09 detik dengan *volume* yang dihasilkan sesuai target standar yaitu 129 ml. Dengan *cycle time* 12,1853 detik, produk yang dihasilkan berjumlah $\pm 2.380/\text{cavity}/\text{persift}$ atau naik sekitar 5,4 %. Jumlah tersebut berdasarkan jumlah produk yang dihasilkan pada *cycle time* sebelumnya yaitu 12,75 detik yang menghasilkan produk $\pm 2.258/\text{cavity}/\text{pershift}$.

SUMMARY

***ANALYSIS OF BLOW MOLDING PROCESS TO 100 ml BOTTLE
PRODUCT CYCLE TIME USING RESPONSE SURFACE
METHOD***

Hirzan Rizky Haq, 131910101032; 2017; 71 pages; Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Jember University

The current technological developments are so very rapid, especially on plastic packaging for packaging products. Plastic is considered to have several advantages compared with other materials, which is practical, waterproof, durable and lighter.

Industry must be able to increase its production well in quality and quantity. In increasing its production, managers must be able to optimize the cycle time needed to produce one product. Not only cycle time is the point of reference in production but must take into account the level of product quality in note for a plastic packaging industry able to compete with others without experiencing a loss in production.

PT. Berlina Tbk, a plastic industry engaged in manufacturing. This industry has been producing many kinds of products that have been made from plastic materials, one of which is a 100 ml bottle. In producing this 100 ml bottle, cycle time PT. Berlina Tbk. Not meet the standard ie 12.75 seconds. The target the company wants to achieve is 12 seconds. This is the achievement of less favorable value for the company because with the longer cycle time of production it will increase production time. This cycle time value is obtained from several manual trials conducted by PT. Berlina. Cycle time or cycle time is the time it takes the machine to produce a product. The size of the cycle time can be affected by several factors: among others the design error of the mold and the operation errors resulting from the less appropriate process variables.

From observation and literature study, the company's standard setting is blowing pressure 7,2 bar, blowing time 8 second, and idle time 0,5 second. With the setting of the company obtained 12.75 seconds cycle time response and volume 129 ml. Based on these data, the optimization is necessary to increase the production amount per cavity / shift.

Data taken in the company using bench box design. Further analyzed and optimized using minitab 16 software. From the results of data analysis using software minitab 16 results obtained from the results of the optimum conditions produced at blowing pressure of 7.5 bars; Blowing time of 7.65 seconds, and idle time 0.3 seconds. In this state the cycle time becomes faster by 5.12%. From the optimum state of the resulting cycle time of 12.09 seconds with the volume produced according to the standard target of 129 ml. With a cycle time of 12.1853 seconds, the resulting product amounted to ± 2.380 / cavity / persift or rose about 5.4%. The amount is based on the number of products produced in the previous cycle time of 12.75 seconds that produce ± 2.258 / cavity / pershift products.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Proses *Blow Molding* Terhadap Waktu Siklus Produk Botol 100 ml Dengan Menggunakan Metode *Response Surface*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

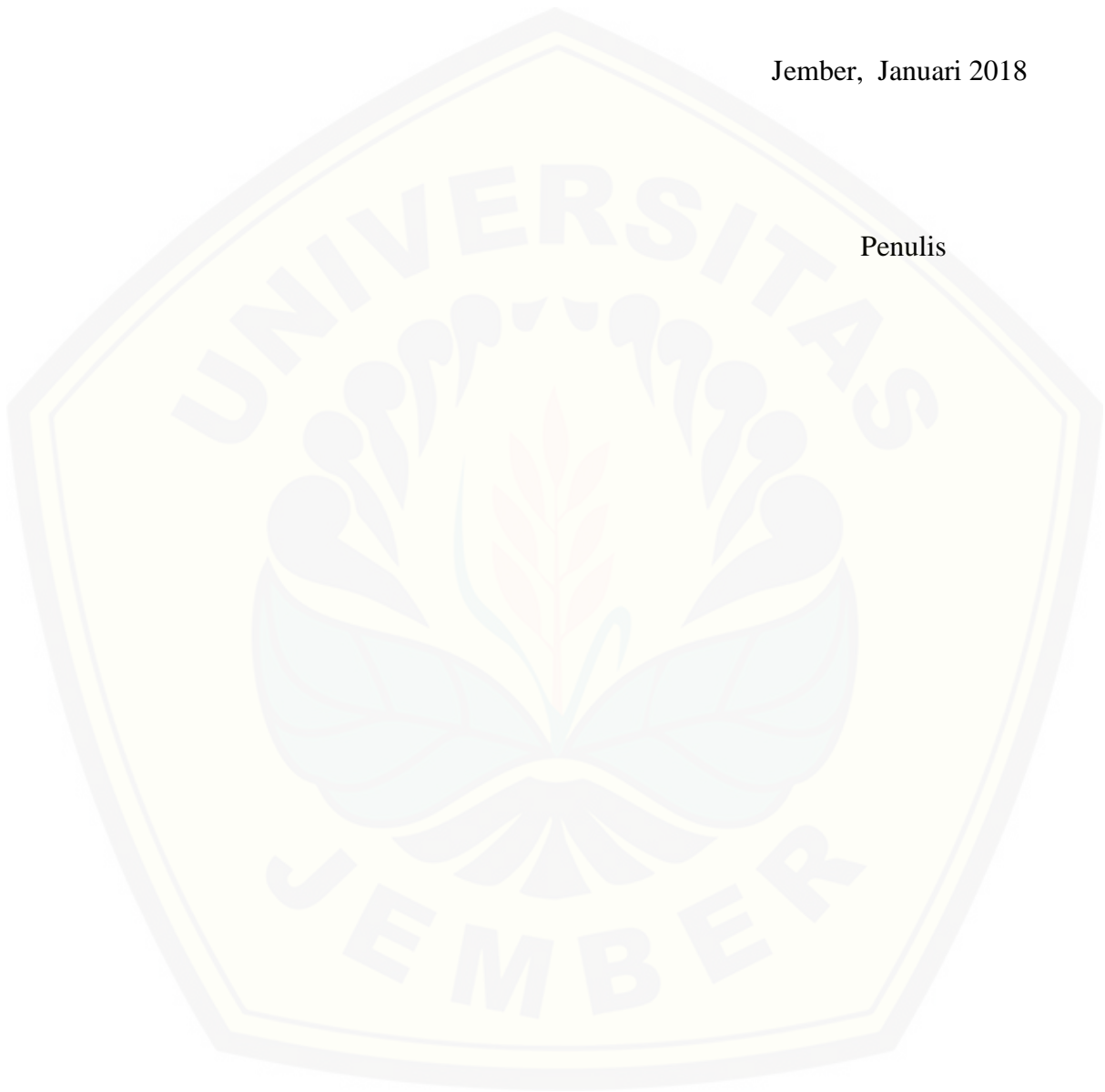
Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua saya, Bapak Sampirin dan Ibu Artining terimakasih untuk dukungan moril dan materil serta doa yang selalu dipanjatkan sehingga saya bisa menyelesaikan studi S1;
2. Bapak Santoso Mulyadi, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing utama, dan Bapak Hari Arbiantara B, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya skripsi ini;
3. Bapak M. Fahrur Rozy H., S.T.,M.T. selaku dosen penguji I dan Bapak Dr. Gaguk Jatisukamto S.T., M.T selaku dosen penguji II yang memberikan saran dan kritikan bersifat konstruktif untuk penyusunan skripsi ini;
4. Teman seperjuangan Teknik Mesin 2013 yang sudah berjuang bersama dari masa ospek sampai menempuh skripsi ditahun terakhir perkuliahan, salam solidarity forever strong;
5. Sahabat terdekat seperantauan, Rois, Ridwan, Ajiz, Tryan, Edi, yang selalu ada untuk mendengarkan keluh kesah saya dan saling menyemangati dari awal kuliah sampai akhir;
6. Seluruh staf pengajar dan administrasi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu, membimbing, dan membantu kelancaran saya selama saya duduk di bangku perkuliahan.
7. PT. BERLINA Tbk yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk dapat melaksanakan penelitian;

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, karena sempurna hanya milik Allah SWT. Harapan penulis adalah supaya informasi dari skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Jember, Januari 2018

Penulis



DAFTAR ISI

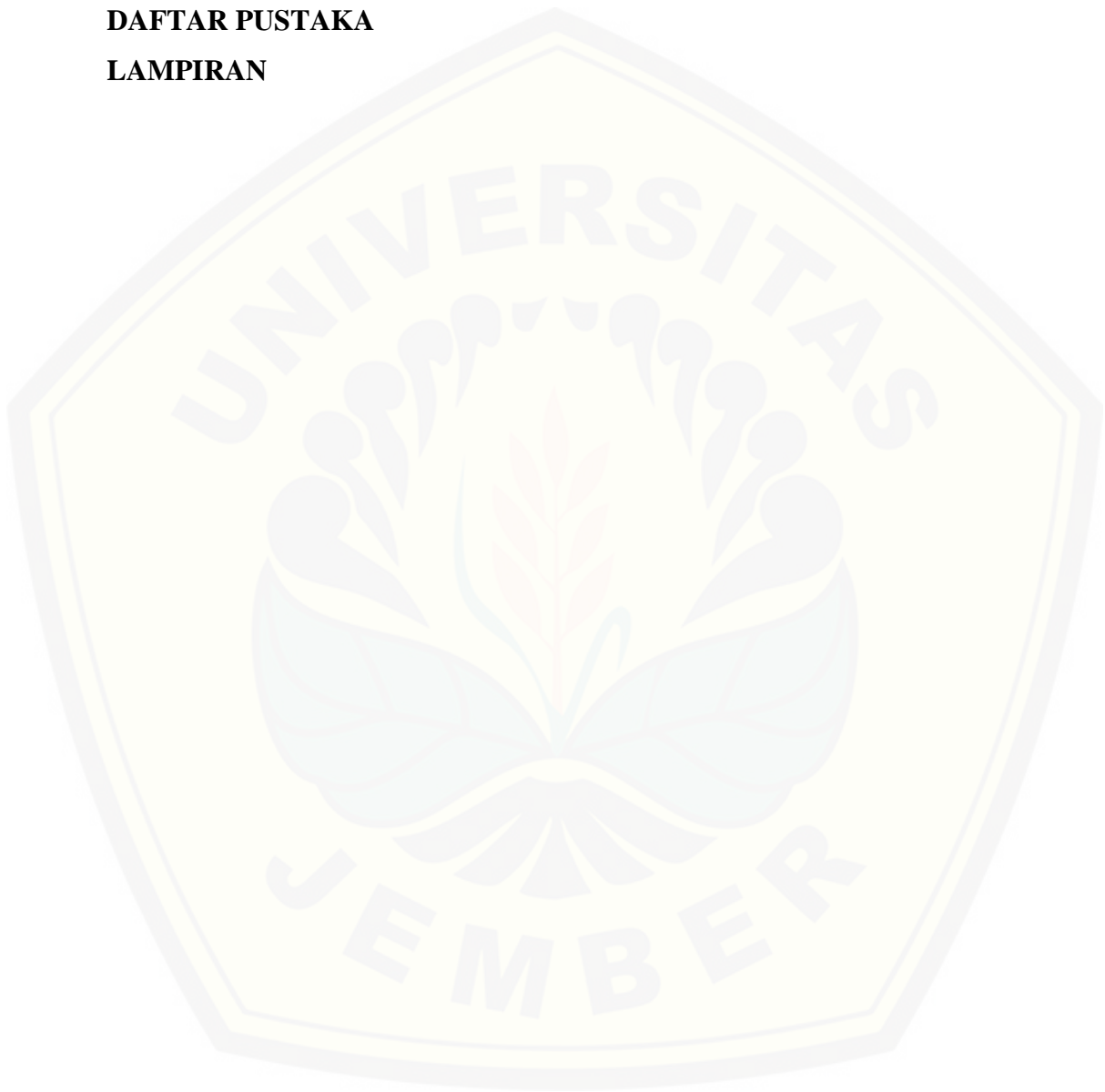
	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Hipotesa	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Plastik	4
2.1.1 Termoplastik.....	4
2.1.2 <i>Polyethylene-high density (HDPE)</i>	5
2.2 Kemasan Botol	6
2.3 Blow Moulding.....	7
2.3.1 <i>Extrusion Blow Molding</i>	9
2.3.2 <i>Parameter Proses Blow molding</i>	12

2.3.3 Penyusutan (<i>Shrinkage</i>).....	14
2.3.4 Pembuatan Produk Botol 100L.....	15
2.4 Analisis Produk	17
2.4.1 Waktu Siklus	17
2.4.2 Desain Experimen	18
2.4.3 Metode <i>Response surface</i>	19
BAB 3 METODE PENELITIAN	25
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	25
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	25
3.3.1 Alat	25
3.3.2 Bahan	25
3.3 Tahap Identifikasi Masalah	26
3.4 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data	29
3.5 Tahap Penarikan Kesimpulan	33
3.6 Diagram alir Penelitian	33
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Data Penelitian	35
4.2 Analisis Data <i>Cycle Time</i>	35
4.2.1 Pengujian Residual	36
4.2.2 Pembentukan Model.....	38
4.2.3 Pengujian Kesesuaian Model	39
4.2.4 Analisis <i>Contour</i> dan <i>Surface Plot</i>	41
4.3 Analisis Data <i>Volume</i>	44
4.3.1 Pengujian Residual	45
4.3.2 Pembentukan Model.....	46
4.3.3 Pengujian Kesesuaian Model	48
4.3.4 Analisis <i>Contour</i> dan <i>Surface Plot</i>	49
4.4 Optimasi Respon	52
4.5 Pembahasan Analisis <i>Cycle Time</i> dan <i>Volume</i>	54
4.5 Perbandingan Hasil Setting Standar Pabrik dengan Setting Hasil Penelitian	57

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	61

DAFTAR PUSTAKA

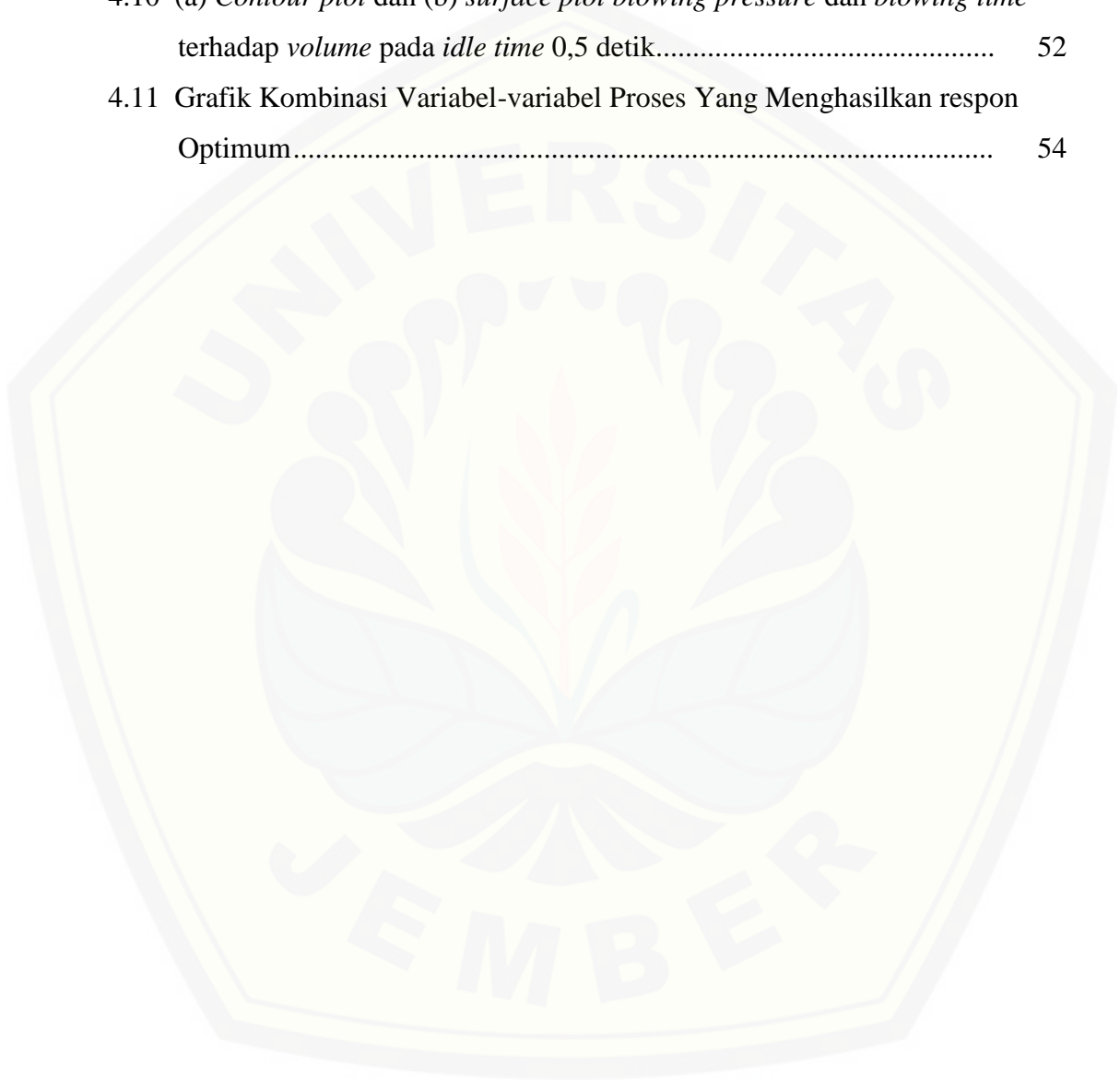
LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Klasifikasi Plastik	4
2.2 Bagian – bagian kemasan botol.....	6
2.3 Proses Injection <i>Blow Molding</i>	7
2.4 Proses extrusion <i>Blow Molding</i>	8
2.5 Stretch <i>Blow Molding</i>	9
2.6 Mesin Bekum <i>Blow Molding</i>	10
2.7 Intermittent parison mesin extrusi <i>blow molding</i> menggunakan <i>reciprocating screw</i>	11
2.8 Gambar <i>accumulator head</i>	11
2.9 Program parison menghasilkan wadah deterjen.....	12
2.10 Material <i>High Density Polyethylene</i>	15
2.11 Material <i>Afval High Density Polyethylene</i>	15
2.12 Produk Botol 100 ml	17
2.13 Sistem rotasi cetakan pada proses pembentukan produk	18
3.1 Neraca	26
3.2 Representasi <i>Box-Behnken design</i>	31
3.3 Diagram alir penelitian.....	34
4.1 Plot Residual <i>Versus Fit Value</i> Untuk <i>Cycle Time</i>	37
4.2 <i>Plot Probability</i> Untuk <i>Cycle Time</i>	38
4.3 (a) <i>Contour plot</i> dan (b) <i>surface plot nozzle idle time</i> dan <i>blowing time</i> terhadap <i>cycle time</i> pada <i>blowing pressure</i> 7,2 bar	41
4.4 (a) <i>Contour plot</i> dan (b) <i>surface plot blowing pressure</i> dan <i>idle time</i> terhadap <i>cycle time</i> pada <i>blowing time</i> 8 detik	42
4.5 (a) <i>Contour plot</i> dan (b) <i>surface plot blowing time</i> dan <i>blowing pressure</i> terhadap <i>cycle time</i> pada <i>idle time</i> 0,5 detik.....	43
4.6 <i>Plot residual versus fits value</i> untuk <i>volume</i>	45
4.7 <i>Plot Probability</i> Untuk <i>Volume</i>	46

4.8 (a) <i>Contour plot</i> dan (b) <i>surface Plot blowing time</i> dan <i>idle time</i> terhadap <i>volume</i> pada <i>blowing pressure</i> 7,2 bar	50
4.9 (a) <i>Contour plot</i> dan (b) <i>surface blowing pressure</i> dan <i>idle time</i> terhadap <i>volume</i> pada <i>blowing time</i> 8 detik	51
4.10 (a) <i>Contour plot</i> dan (b) <i>surface plot blowing pressure</i> dan <i>blowing time</i> terhadap <i>volume</i> pada <i>idle time</i> 0,5 detik.....	52
4.11 Grafik Kombinasi Variabel-variabel Proses Yang Menghasilkan respon Optimum.....	54



DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Titik Leleh pada termoplastik	5
2.2 propertis HDPE	6
2.3 CCD(Central Composite Design)	20
2.4 Rancangan Percobaan <i>Box-Behken</i> Design dengan $k=3$	20
3.1 Level yang digunakan	29
3.2 Rancangan Percobaan dengan <i>Box-Behnken</i> Design	32
4.1 Data hasil percobaan	35
4.2 Hasil Percobaan <i>Cycle Time</i>	36
4.3 Koefisien Regresi Penduga Untuk <i>Cycle Time</i>	38
4.4 <i>Analysis of Variance</i> Untuk <i>Cycle Time</i>	40
4.5 Hasil Percobaan <i>Volume</i>	44
4.6 Koefisien Regresi Penduga Untuk <i>Volume</i>	47
4.7 <i>Analysis of Variance</i> Untuk <i>Volume</i>	48
4.8 Global Solution dari Pendekatan Fungsi Desirability Untuk <i>Cycle Time</i> , Netto dan Presentase Reject	53
4.9 Kombinasi Variabel Proses yang Menghasilkan Respon Optimum	54
4.10 Perbandingan Setting Standar Pabrik dengan Setting Hasil Penelitian	58

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi industri terus berkembang pada pengolahan plastik untuk produk kemasan. Plastik dinilai mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan bahan yang lain, yaitu praktis, tahan air, tahan lama dan lebih ringan. Peningkatan permintaan plastik di Indonesia cukup besar sekitar 4,6 juta ton per tahun dengan pertumbuhan rata-rata 5% per tahun. Porsi terbesar digunakan untuk produk kemasan plastik sekitar 40% (Paramita, 2012).

Industri harus mampu meningkatkan produksinya dengan baik dari kualitas maupun kuantitas. Pengelola harus mampu mengoptimalkan waktu siklus yang di butuhkan untuk menghasilkan satu produk, jika ingin meningkatkan produksinya. Waktu siklus memang menjadi permasalahan untuk menghasilkan jumlah target yang di inginkan, tetapi juga harus memperhitungkan tingkat kualitas produk yang di peroleh agar sebuah industri kemasan plastik mampu bersaing dengan yang lain tanpa mengalami kerugian dalam produksinya (Ihsan M. S., 2015).

PT. Berlina Tbk, merupakan industri plastik yang bergerak di bidang manufaktur. Industri ini sudah banyak memproduksi berbagai jenis produk yang telah di buat dari bahan plastik salah satunya adalah botol 100 ml. Saat ini *cycle time* yang di peroleh PT. Berlina Tbk. untuk memproduksi botol 100 ml adalah 12,75 detik. Target yang ingin dicapai perusahaan adalah 12 detik. Ini merupakan pencapaian nilai yang kurang menguntungkan bagi perusahaan. Semakin lama waktu *cycle time* maka akan menambah waktu produksi yang diperlukan. Nilai *cycle time* ini didapat dari beberapa *trial* manual yang dilakukan oleh PT. Berlina. *Cycle time* atau waktu siklus adalah waktu yang dibutuhkan mesin untuk memproduksi suatu produk. Hasil *cycle time* yang besar atau kecil dipengaruhi beberapa faktor : antara lain kesalahan desain *mould* dan kesalahan operasi akibat dari variabel proses yang kurang sesuai.

Penelitian sebelumnya mengenai *blow molding* pada produksi kemasan plastik berupa produk botol 50ml di PT. Berlina Tbk. yaitu tentang optimasi waktu siklus produksi kemasan produk 50ml pada proses *blow molding* menggunakan

metode respon permukaan. Waktu yang di butuhkan oleh perusahaan dalam menghasilkan satu produk botol 50ml pada mesin SMC 1500 DST adalah kurang lebih sekitar 15 detik. Dalam penelitiannya, dia menggunakan variabel proses *blowing pressure*, *blowing time* dan *stop time*. Hasil yang di dapat *blowing pressure* sebesar 5,34 bar, *blowing time* 8 detik dan *stop time* 1,5 detik. Berat dan volume yang di peroleh yaitu 13,34 gram dan 89,87 ml, dan *cycle time* yang dihasilkan sebesar 12,60 detik (Gibran M. Kahlil, 2016).

Penulis akan mencoba mengangkat suatu penelitian mengenai waktu siklus pada produk botol 100 ml. Jumlah produksi produk botol 100 ml yang di nilai masih kurang, maka waktu siklus sangat penting untuk memperoleh jumlah target yang di inginkan. Beberapa variabel faktor yang mempengaruhi waktu siklus dan volume pembuatan produk, penulis mengambil variasi variabel faktor pada mesin BEKUM 206 D seperti *blowing time*, *blowing pressure* dan *idle time*. Variabel-variabel tersebut mempengaruhi hasil jumlah kuantitas produksi dan kualitas produk. Penelitian skripsi dengan judul “Pengaruh Parameter Proses *Blow Molding* terhadap Waktu Siklus dengan Menggunakan Metode *Response Surface*” diharapkan dapat menjadi kajian untuk mengoptimalkan produksi botol di PT. Berlina Tbk. Di harapkan nantinya hasil kemasan produk yang optimum, baik dari segi kualitas maupun kuantitas.

1.2 Rumusan Masalah

Peneliti akan melakukan analisis pembuatan produk botol 100 ml pada proses *blow molding* dengan menggunakan metode respon permukaan. Adapun perumusannya :

Bagaimana menentukan waktu siklus dan *volume* yang optimal pada proses pembuatan produk botol 100 ml dengan menggunakan metode *response surface*.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Tidak membahas proses kimia material plastik
- b. Penelitian yang dilakukan terbatas dengan peralatan yang ada di pabrik

- c. Mesin Bekum 206 D di PT. Berlina Tbk. dan alat ukur neraca telah terkalibrasi dengan baik.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui variabel proses, yaitu *blowing time*, *blowing pressure* dan *idle time* yang berpengaruh terhadap *cycle time* pada produk botol 100 ml.
2. Untuk mengetahui variabel proses, yaitu *blowing time*, *blowing pressure* dan *idle time* yang berpengaruh terhadap *volume* pada produk botol 100 ml
3. Untuk mendapatkan nilai optimasi yaitu *cycle time* yang rendah dengan *volume* memenuhi standar target yaitu 129 ml dari kombinasi nilai parameter *blowing pressure*, *blowing time* dan *idle time* melalui statistik metode respon permukaan.
4. Untuk mengetahui jumlah kuantitas produk yang di peroleh dari hasil optimasi

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang di peroleh dari penelitian ini adalah :

1. Dapat menentukan *cycle* waktu siklus yang optimal (waktu siklus terendah dengan *volume* memenuhi standar target yaitu 129 ml)
2. Meningkatkan produksi botol 100 ml
3. Mengetahui penerapan metode *response surface* pada optimalisasi produk

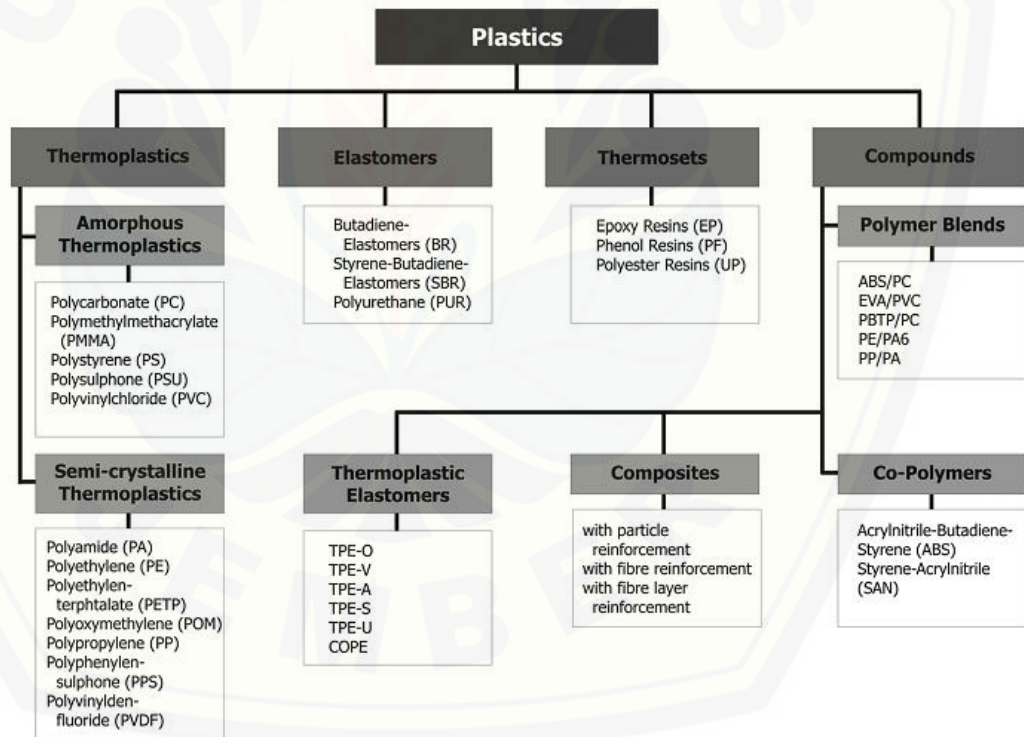
1.6 Hipotesa

Hipotesa awal dalam penelitian ini adalah kombinasi nilai *blowing pressure* yang tinggi dengan *blowing time* serta *idle time* yang rendah akan menghasilkan waktu siklus pembuatan produk botol 100 ml yang optimal. Hal tersebut disebabkan nilai *blowing time* dan *idle* yang rendah akan mempercepat waktu siklus pembuatan produk botol 100 ml, sedangkan nilai *blowing pressure* yang besar akan menghasilkan tekanan yang lebih besar sehingga membuat *parisson* lebih cepat mengembang yang membuat *volume* pada produk botol 100 ml akan lebih besar.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Plastik

Plastik digolongkan menjadi empat macam, yaitu: *thermosets*, *thermoplastics*, *elastomers* dan *compound*. Termoplastik merupakan jenis plastik yang dapat mencair dengan pemanasan dan mengeras kembali dengan pendinginan tanpa perubahan signifikan dari sifat mekanik. Elastomer adalah jenis plastik yang memiliki renda silang yang lebar anatr molekul, biasanya tidak dapat dicairkan tanpa degradasi struktur molekul. Termoset adalah jenis plastik yang memiliki sifat fisik yang keras dan getas, Sedangkan plastik *compound* adalah plastik yang dihasilkan dari campuran oligomer yang berbeda untuk mendapatkan sifat khusus, yaitu seperti elastisitas (Klein. R, 2011).



Gambar 2.1 Klasifikasi plastik (klein R, 2011)

2.1.1 Termoplastik

Termoplastik adalah bahan yang tidak mengalami perubahan kimia sewaktu pembentukan yang hasil akhirnya adalah sama seperti asli kecuali bentuknya.

Bahan termoplastik dapat dilunakkan dan dibentuk berulang-ulang dengan cara pemanasan. Termoplastik dapat mengeras setelah pencetakan dan larut dalam larutan organik. Seluloid, selulosa nitrat, resin vinil, nilon, polikarbonat, polieten dan polystyrene merupakan contoh bahan termoplastik yang sering digunakan (Sinaga, 2011). Berikut dijelaskan titik leleh pada termoplastik pada Tabel 2.1

Material	°C	°F
<i>Polyethylene-low density</i> (LDPE)	149 – 232	300 – 450
<i>Polyethylene-high density</i> (HDPE)	177 – 260	350 – 500
<i>Polypropylene</i> (PP)	190 – 288	374 – 550
<i>Acrylonitrile butadiene styrene</i> (ABS)	117 – 260	350 – 500
Nylon	260 – 327	500 – 620
<i>Polyethylene terephthalate</i> (PET)	227 – 349	440 – 660
<i>Polycarbonate</i> (PC)	271 – 300	520 – 572
<i>Polyphenylene oxide</i> (PPO)	204 – 354	400 – 670

2.1.2 *Polyethylene-high density* (HDPE)

High density polyethylene merupakan salah satu dari material termoplastik nonpolar yang berwarna putih. Material ini memiliki densitas berkisar antara 0,940 – 0,965 g/cm^3 . Ini adalah salah satu polimer paling serbaguna, dan merupakan yang paling umum di gunakan di industry kemasan plastik. Aplikasi yang umum digunakan sebagai berikut:

1. Wadah untuk susu, detergen, pemutih, jus, sampo, air dan drum kimia industri yang dibuat dengan cetakan ekstrusi.
2. Ember, wadah susu ber dinding tipis, dan penutup dibuat dengan injeksi molding
3. Wadah kosmetik dan botol farmasi dibuat dengan injeksi *blow molding*
4. Blow film digunakan dalam aplikasi kemasan fleksibel seperti sereal, makanan ringan dan karung *grocery*

HDPE memiliki rantai yang lurus dengan percabangan kecil. Memiliki ketahanan yang sangat baik terhadap berbagai macam senyawa kimia seperti air, alcohol, aseton, keton, asam encer dan basa. Namun tidak dapat diterima oleh

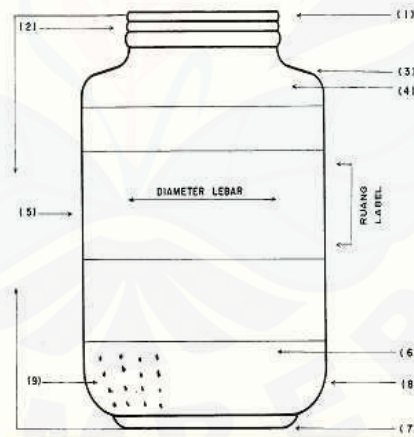
senyawa kimia hidrokarbon aromatic seperti benzene (Susan E.M. Jhon D., 2016).
Berikut propertis HDPE pada table 2.2.

Tabel 2.2 Propertis HDPE

Density	0,940 – 0,965 g/cm^3
Tensile strength	17,3-44.8 MPa
Tensile modulus	620-1089 MPa
Tear strength	20-60 g/25 μm
Crystallinity	65-90 %

2.2 Kemasan Botol

Botol merupakan salah satu bentuk kemasan yang mempunyai ciri bagian leher bulat dan menyempit untuk memudahkan penuangan isi dan memiliki lubang mulut yang sempit untuk memperkecil ukuran tutup. Contoh botol kemasan air mineral. Adapun bagian – bagian dari kemasan botol dapat dilihat pada Gambar 2.2 (Masykuri, 2003).



Gambar 2.2 Bagian – bagian kemasan botol (Masykuri, 2003)

Keterangan :

1. Penutup
2. Leher (*neck*)
3. Bahu (*shoulder*)
4. Batang pegas bagian atas (*top spring line*)
5. Badan (*side wall*)

6. Batas pegas bagian bawah (*bottom spring line*)
7. Dasar
8. Tumit (*hell*)
9. Stippling

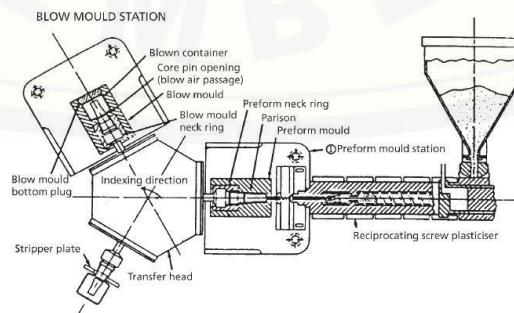
Ada bagian penutup hingga leher adalah bagian yang menentukan ukuran untuk penutup botol (*cap*), kemudian pada bagian bahu, dinding botol hingga bagian dasar botol adalah bagian yang menunjang sisi estetika dan sisi ergonomis dari botol dimana ketebalan pada bagian ini menentukan daya tampung dan berat pada botol.

2.3 Mesin *Blow Molding*

Blow Molding adalah suatu proses manufaktur benda berongga yang salah satu pada ujungnya tertutup, dengan cara mengembungkan *preform* atau *parisson thermoplastics* panas di dalam cetakan yang tertutup, sehingga bentuk hasil pengembungan tersebut sesuai dengan bentuk cetakan. Secara umum ada tiga macam *blow molding*, yaitu :

1. *Injection Blow Molding*

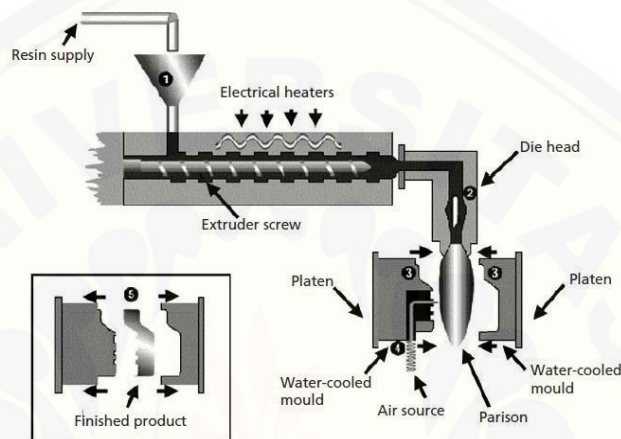
Injection blow molding selalu dibuat dalam dua tahapan proses. Proses yang pertama yaitu dengan menginjeksikan material *thermoplastic* yang sudah di lelehkan ke dalam ke dalam *cavity* dan membentuk *parisson* setengah jadi yang di sebut prefoarm. Proses selanjutnya cetakan lain menutup dan mengapit perform dan udara di tiupkan sehingga perform membentuk dimensi terakhir yang diinginkan seperti pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Proses *Injection Blow Molding* (Norman C. Lee, 2006)

Kelebihan pada proses *injection blow molding* tidak adanya sisa material *thermoplastic* dan menghasilkan leher botol dan ulir memiliki kualitas yang bagus. Namun proses ini juga memiliki kekurangan yaitu tidak bias mengendalikan kerugian pada bagian leher dan ulir serta membutuhkan biaya yang lebih mahal jika dibandingkan dengan metode *blow molding* lainnya (Norman C. Lee, 2006).

2. *Extrusion Blow Molding*



Gambar 2.4 Proses *extrusion Blow Molding* (Norman C. Lee, 2006)

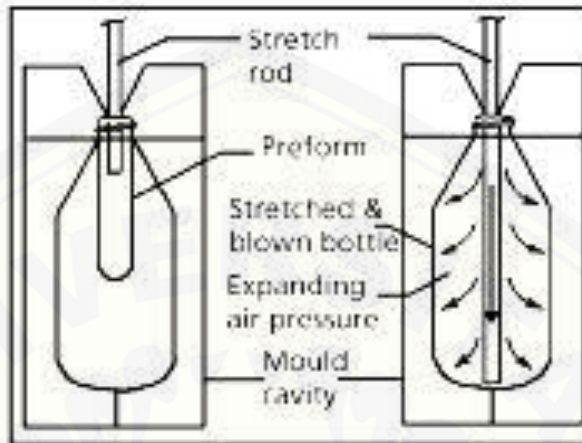
Berbeda dengan *injection blow molding*, pada proses *extrusion blow molding* material *thermoplastic* yang sudah dilelehkan akan dikeluarkan dalam bentuk seperti selongsong pipa panas yang di sebuat dengan *parisson*. *Parisson* tersebut kemudian ditangkap oleh cetakan dan dilakukan peniupan udara bertekanan sehingga *parisson* membentuk sesuai dengan cetakan. Proses *extrusion blow molding* dapat dilihat pada gambar 2.4.

Kelebihan dari proses *extrusion blow molding* adalah membentuk rongga yang natural, sesuai untuk kemasan dengan volume yang besar. Namun proses ini memiliki kekurangan diantaranya sulit mengatur ketebalan dinding produk, dan sulit mengontrol permukaan serta memiliki toleransi dimensi yang besar (Norman C. Lee, 2006).

3. *Stretch Blow Molding*

Stretch blow molding merupakan pengetahuan baru pada industri *blow molding* dengan penggunaannya pada botol *softdrink*. *Stretch blow molding*

mengaplikasikan metode pembuatan kemasan plastik dari sebuah *presorm* yang direntangkan dan ditiup sehingga membentuk sesuai bentuk terakhir yang diinginkan (Norman C. Lee, 2006).

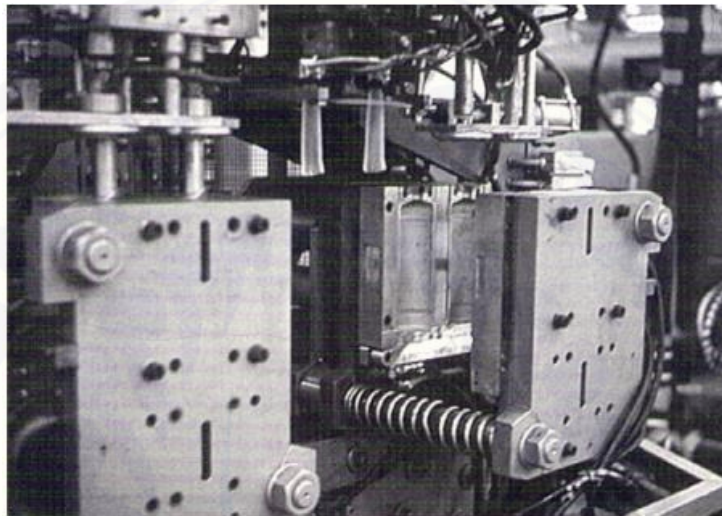


Gambar 2.5 *Stretch Blow Molding* (Norman C. Lee, 2006)

2.3.1 *Extrusion Blow Molding*

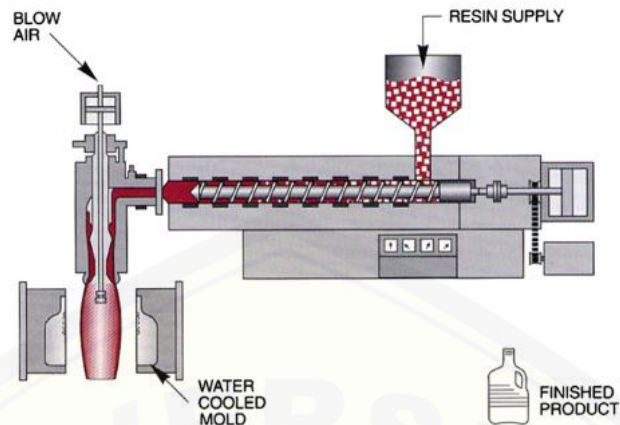
Extrusion blow molding merupakan proses pembentukan material plastik menjadi sebuah botol. Pada proses ini, material highdensity polyethylene (HDPE) paling sering di gunakan. *Extrusion blow molding* di bagi menjadi dua yaitu *continuous extrusion* dan *intermittent extrusion*. Intermittent extrusion di bagi menjadi *reciprocating screw* dan *accumulator parisson extrusion*. *Continuous extrusion* merupakan proses pengeluaran *parisson* secara terus menerus. *Parisson* keluar secara terus menerus ini di akibatkan dorongan yang di lakukan oleh *screw extruder* dan mendorong plastik cair keluar melalui *die head* untuk membentuk *parisson* secara kontinyu. *Parisson* yang tidak berhenti bergerak ini memerlukan kerja mesin yang kontinyu pula untuk memindahkan *parisson* ke cetakan agar dapat di bentuk. Seperti pada perusahaan Bekum, Kautex, Fisher dan lainnya memindahkan cetakan ke *parisson* yang bergerak secara diagonal seperti pada gambar 2.6 . Bila cetakan telah menjepit *parisson*, pisau panas atau dingin, atau kawat nekrom yang panas akan memotong *parisson* antara bagian atas cetakan dan *die head*. Setelah *parisson* di potong, *clamping unit* dan cetakan akan bergerak ke stasiun *blow molding* yaitu proses pembentukan benda kerja dengan cara memberi

tekanan udara pada blow pin. Blow pin kemudian masuk kecelah rongga *parisson* pada rongga cetakan dan meniup udara bertekanan di dalam *parisson* panas untuk membentuk *parisson* menjadi benda kerja seperti rongga pada cetakan. Ketika *parisson* sudah terbentuk menjadi benda kerja, produk di keluarkan dari cetakan (Kutz. M , 2011).



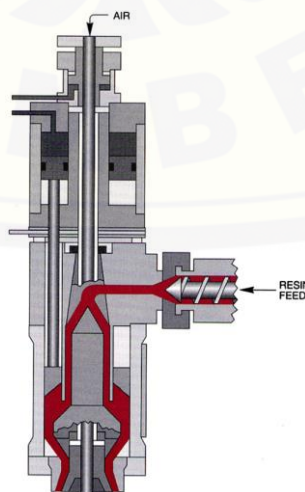
Gambar 2.6 Mesin Bekum *Blow Molding* (Kutz. M , 2011)

Intermittent extrusion merupakan proses ekstrusi *parisson* secara berselang atau *parisson* tidak bergerak secara terus menerus. *Parisson* yang keluar secara berselang pada mesin *blow molding* yang menggunakan sistem *reciprocating screw* ini sering disebut sebagai ekstrusi “tembak”. Screw berputar dan menarik kembali untuk mencairkan material saat bergerak. Setelah pengisian di dalam barel tercukupi maka hydraulic pada screw akan menembakkan atau mendorong material keluar melalui *die head* untuk membentuk *parisson*. Di titik ini, cetakan akan menutup dan segera dilakukan proses blowing untuk pembentukan produk. Ketika cetakan telah tertutup, screw bergerak mundur untuk mengisi material plastik dengan volume yang telah di tentukan. Proses ini lebih cepat di bandingkan dengan proses ekstrusi kontinyu (Kutz. M , 2011).



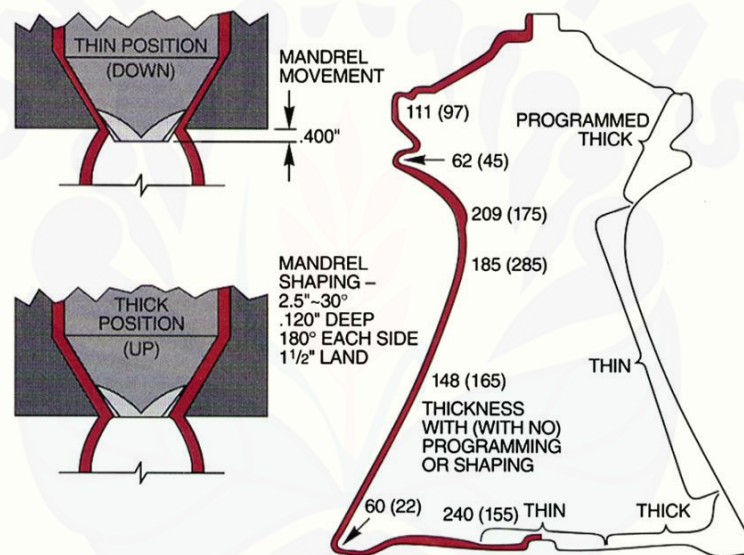
Gambar 2.7 Intermittent parison mesin extrusi *blow molding* menggunakan *reciprocating screw* (Kutz. M , 2011)

Memperoleh volume yang besar, pengestrusi dapat di gunakan dengan mengisi akumulator. Mesin jenis ini menggunakan material yang memiliki titik leleh yang tinggi (*high load melt index*) sehingga *parisson* akan memiliki kekuatan lelehan yang memadai dan membiarkan *parisson* menggantung di *die head* selama penutupan cetakan. Akumulator di rancang menggunakan sistem tembak untuk mendorong material keluar agar membentuk *parisson*. Hal ini menyebabkan ketebalan dinding melengkung yang di sempurnakan dan suhu lelehan yang seragam dapat di tingkatkan. *Parisson* diekstrusi dengan menggerakkan cincin annular ke bawah mendorong material plastik cair melalui *bushing* dan *mandrel*. *Accumulator head* dapat di lihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Gambar *accumulator head* (Kutz. M , 2011)

Memproduksi *parisson* yang berkualitas untuk mendapatkan ketebalan dinding yang baik adalah inti dari *extrusion blow molding*. Pengendalian terdiri dari ukuran *parisson* yang tepat untuk meniuip produk tertentu, die forming dan program *parisson*. Ukuran *parisson* sangat penting untuk menghasilka ketebalan yang tepat. Terlalu banyak *parisson* yang keluar menyebabkan dinding yang lebih tebal dari pada yang diinginkan, terlalu banyak “flas”, masalah pemangkasan dan pendinginan yang berlebih. Pemograman sebagai pengontrolan ketebalan dinding *parisson* pada saat *parisson* keluar dari *die head*. Pada gambar 2.9 Contoh program *parisson* untuk menghasilkan wadah deterjen berbentuk tidak beraturan (Kutz. M , 2011).



Gambar 2.9 Program *parisson* menghasilkan wadah deterjen (Kutz. M , 2011)

2.3.2 Parameter Proses *Blow molding*

Hasil kualitas produk yang optimal, perlu mengatur beberapa parameter yang mempengaruhi jalannya proses produksi tersebut. Parameter-parameter suatu proses tentu saja ada yang berperan sedikit da adapula yang mempunyai peran signifikan dalam hasil produksi yang diinginkan. Biasanya orang perlu melakukan beberapa kali percobaan hingga ditemukan parameter-parameter apa saja yang cukup berpengaruh terhadap produk akhir.

Parameter-parameter yang berpengaruh terhadap proses produksi plastik melalui metode *blow moulding* adalah :

a. Temperatur Leleh (*Melt Temperature*)

Temperatur leleh sangat berpengaruh terhadap kualitas *parisson* yang keluar maupun hasil produk yang di peroleh. Semakin tinggi titik leleh material maka semakin tipis ketebalan produk yang di hasilkan. Jika semakin rendah titik leleh material, maka semakin tebal produk yang di hasilkan.

b. *RPM Extruder*

RPM Extruder yaitu kecepatan screw yang berputar untuk mendorong material leleh menuju *die head*. Pada *blow molding*, kecepatan ekstruder mempengaruhi panjang *parisson* yang di hasilkan. Sehingga kecepatan ekstruder ini di atur sedemikian rupa agar panjang *parisson* dapat memenuhi tinggi mold.

c. *Blowing Pressure*

Blowing time yaitu tekanan yang di butuhkan untuk meniup *parisson* pada cetakan udara berfungsi untuk mengembangkan *parisson* panas sampai menyentuh dinding rongga cetakan agar menghasilkan sebuah produk. Jika *blowing pressure* terlalu rendah maka produk tidak akan terbentuk dengan sempurna dan dimensi tidak sesuai dengan standart perusahaan. Bila *blowing pressure* terlalu tinggi menyebabkan produk tidak sempurna dan akhirnya menjadi pecah karena kelebihan udara (Kristyantoro,2009)

d. *Blowing Time*

Blowing time yaitu waktu lamanya meniupan untuk mengembangkan *parisson*. Besar kecilnya waktu meniupan yang digunakan dapat mempengaruhi proses pendinginan. Proses ini sangat berpengaruh terhadap pembentukan produk. Proses meniupan harus sesuai dengan kebutuhan karena semakin lama meniupan akan berakibat produk yang akan dicetak meletus karena kelebihan udara dan dimensi produk menjadi lebih besar begitu pula sebaliknya semakin pendek waktu meniupan dapat berakibat temperatur produk masih tinggi dan penyusutan lebih besar sehingga volume produk tidak sesuai kualitas perusahaan. *Blowing time* berpengaruh terhadap waktu

siklus. Semakin lama waktu peniupan semakin lama pula waktu siklus yang dibutuhkan. Begitu pula sebaliknya semakin cepat waktu peniupan maka semakin cepat pula waktu siklus (Ihsan, 2015).

e. *Stop Time / Idle Time*

Stop Time yaitu waktu proses berhenti sebentar / jeda pada saat blow pin keluar sampai cetakan terbuka. Stop time di gunakan untuk mendinginkan produk pada saat setelah pembuangan udara sampai mold terbuka. (Gibran, 2016).

f. *Parisson Progame*

Program *parisson* yaitu program yang di gunakan untuk mengatur ketebalan dinding *parisson* yang di keluarkan agar mendapatkan ketebalan produk yang di inginkan. Pengendalian terdiri dari ukuran *parisson* yang tepat untuk meniup produk tertentu, die forming dan program *parisson*. Ukuran *parisson* sangat penting untuk menghasilka ketebalan yang tepat (Kutz. M , 2011).

2.3.3 Penyusutan (*Shrinkage*)

Proses molding yang di jalankan dengan tujuan mencairkan material plastik kemudian di padatkan untuk menghasilkan produk, penyusutan dan bentuk melengkung akan terjadi pada produk. Penyusutan tergantung pada ketebalan dinding atau ketebalan *parisson*, karena tingkat pendinginan yang berbeda dan terlalu cepat pendinginan. Sehingga *temperature* masih tinggi ketika produk di keluarkan mengakibatkan terjadinya penyusutan. Waktu siklus sangat penting untuk meminimalisir penyusutan dengan cara mendinginkan bagian dinding yang paling tebal. Sehingga penyusutan yang terjadi dapat mempengaruhi nilai volume produk botol. Pendinginan pada plastik terdiri dari tiga mekanisme :

1. Konduksi panas di dinding *parisson*
2. Konduksi panas di dinding cetakan
3. Konveksi perpindahan panas dalam cairan pendingin

Tingkat pendinginan sebagian besar proses dibatasi lebih oleh laju konduksi dalam plastik di bandingkan laju konduksi dalam cetakan. Waktu siklus biasanya sangat tergantung pada ketebalan dinding sehingga mempengaruhi besarnya volume yang dihasilkan (Kutz. M , 2011).

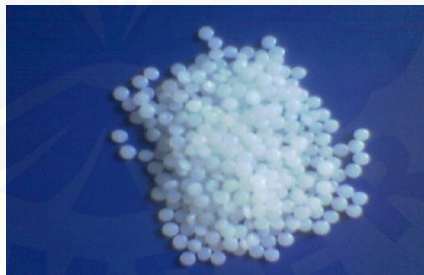
2.3.4 Pembuatan Produk Botol 100 ml

Langkah-langkah pembuatan botol 100 ml menggunakan mesin *blow molding* adalah sebagai berikut (subagio, 2009) :

a. Persiapan material plastik

Material plastik yang digunakan dalam pembuatan botol 100 ml adalah *High Density Polyethylene* (HDPE). Dalam pembuatan botol 100 ml, material yang digunakan tidak semuanya murni material HDPE. Selain digunakan material murni HDPE (Gambar 2.11) digunakan material *afval* HDPE (Gambar 2.12) dengan tujuan menghemat material murni.

Komposisi material plastik (70 % murni dan 30 % *afval*) yang kemudian dimasukkan ke dalam tandon material. Dari tandon material kemudian disedot masuk ke dalam alat pencampur sekaigus penimbang antara material *afval* dan material murni. Di dalam alat tersebut terdapat pengatur prosentase berat dari masing-masing material sesuai kebutuhan. Setelah material ditimbang kemudian material masuk ke dalam *hopper* dan siap diproses.



Gambar 2.10 Material *High Density Polyethylene* (HDPE)



Gambar 2.11 Material *Afval High Density Polyethylene* (HDPE)

b. Proses Pemanasan

Tahap selanjutnya adalah proses pemanasan. Dalam hal ini adalah material polythelene dengan massa jenis tinggi (HDPE) dipanaskan dengan temperatur proses 177-260 °C (A. Brent Strong, 2000). Proses pemanasan tersebut terjadi di dalam *barrel* yang dilakukan secara kontinyu. *Extruder* berputar dengan kecepatan 36 rpm untuk mesin yang memproduksi botol yaitu mesin BEKUM 206 D. Selain proses pemanasan di dalam barrel juga terjadi proses penempatan dengan tujuan agar material plastik homogen. Proses pemanasan material tersebut, perbandingan antara materi murni dan afval adalah 70% material murni HDPE 30% material afval.

c. Proses Pembentukan Lelehan Plastik (*Parisson*)

Setelah material homogen dengan cara dipanaskan dan dimampatkan, material tersebut masuk ke zona *die head* untuk membentuk lelehan plastik (*parisson*). Dalam *die head* terdapat *pin* dan *die* yang berfungsi untuk membentuk diameter dan ketebalan *parisson*.

d. Proses Pembentukan Produk

Setelah *parisson* keluar dari *die head* secara otomatis *parisson* ditangkap oleh *mold* (cetakan) dan *blow pin* bergerak menuju *mold*. Ujung *blow pin* masuk ke dalam *mold* dan kemudian *blow pin* menghasilkan tiupan kedalam cetakan sehingga menghasilkan produk yang sesuai dengan cetakan (*mold*). Dalam hal ini *mold* yang digunakan adalah *mold* khusus produk botol 100 ml (kemasan racun pestisida). Dalam pembentukan produk botol 100 ml material plastik (HDPE) tidak memerlukan *colourant* (pewarna) karena material plastik (HDPE) sudah memenuhi standar warna produk yang diinginkan.

Proses di atas adalah proses pembentukan atau pembuatan produk setengah jadi. Yang maksud produk setengah jadi adalah produk yang belum siap kirim karena harus melalui tahap proses *printing* dan pelabelan. Produk setengah jadi atau produk botol 100 ml dapat dilihat pada gambar 2.9

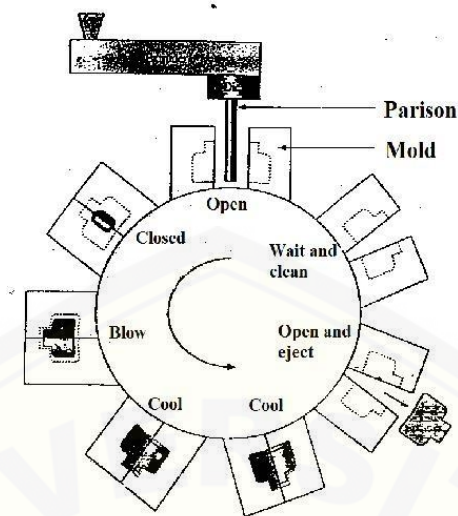


Gambar 2.12 Produk Botol 100 ml

2.4 Analisis Produk

2.4.1 Waktu Siklus dan Volume

Pada suatu mesin, waktu siklus adalah waktu yang dibutuhkan untuk membuat suatu produk dalam menghasilkan 1 produk. Dan pada mesin *blow molding* yaitu merupakan waktu sirkulasi (perputaran) rotasi cetakan (*mold*) yang diawali dengan pembukaan cetakan kemudian diikuti oleh penurunan *parisson*, dimana kemudian *parisson* ditangkap oleh cetakan dan *parisson* di potong untuk dilakukan proses selanjutnya. kemudian *blow pin* masuk melalui celah pada salah satu ujung *parisson* ke dalam cetakan untuk melakukan proses peniupan dengan tekanan tertentu hingga *parisson* mengembang mengikuti bentuk dari cetakan untuk mendapatkan volume tertentu sekaligus proses pendinginan dan pembentukan produk. Setelah proses peniupan, *blow pin* keluar. *Blow pin* yang keluar melakukan pendinginan pada *afval neck* dan terjadi pula pendinginan pada produk di dalam cetakan pada waktu yang hampir sama. Setelah proses pendinginan berlangsung, proses selanjutnya adalah pembukaan *mold* dan *eject*. produk di keluarkan kemudian melakukan proses lagi seperti proses yang di atas begitu seterusnya. Intinya satu waktu siklus produksi adalah diawali dengan penutupan *mold* sampai dengan penutupan *mold* berikutnya (Kristiyantoro, 2009)



Gambar 2.13 Sistem rotasi cetakan pada proses pembentukan produk
(kristiyantoro, 2009)

2.4.2 Desain Experimen

Desain eksperimen adalah suatu rancangan percobaan (dengan tiap langkah tindakan yang betul-betul terdefiniskan) sehingga informasi yang berhubungan dengan atau diperlukan untuk persoalan yang sedang diteliti dapat dikumpulkan. Dengan kata lain, desain sebuah eksperimen merupakan langkah-langkah lengkap yang perlu di ambil jauh sebelum eksperimen dilakukan agar data yang seharusnya diperlukan dapat tercapai sehingga akan membawa kepada analisis obyektif dan kesimpulan yang berlaku untuk persoalan yang sedang dibahas. Dan tujuan dari desain eksperimen adalah untuk memperoleh atau mengumpulkan informasi yang diperlukan sebanyak-banyaknya dan berguna dalam melakukan penelitian persoalan yang akan di bahas (Sudjana, 1994:1)

Untuk memahami desain eksperimen maka diperlukan pemahaman terhadap prinsip dasarnya. Prinsip dasar yang lazim digunakan biasa dinamakan replikasi, pengacakan dan kontrol lokal, berikut pengertiannya (Sudjana, 1994:2).

A. Replikasi

Replikasi disini diartikan pengulangan eksperimen dasar, ini diperlukan untuk memberikan taksiran kekeliruan eksperimen yang dapat dipakai untuk menentukan panjang interval konfidens (selang kepercayaan), menghasilkan

taksiran yang lebih akurat untuk kekeliruan eksperimen dan memungkinkan untuk memperoleh taksiran yang lebih baik mengenai efek rata-rata suatu faktor.

B. Pengacakan

Pengacakan dilakukan untuk membuat korelasi antar kekeliruan sekecil-kecilnya dan untuk menghilangkan bias. Dengan kata lain pengacakan menyebabkan pengujian menjadi berlakudan memungkinkan data di analisis dengan anggapan seolah-olah asumsi tentang independen telah dipenuhi.

C. Kontrol lokal

Kontrol lokal merupakan sebagian daripada keseluruhan prinsip desain yang harus dilaksanakan. Jika replikasi dan pengacakan pada dasarnya akan memungkinkan berlakunya uji keberartian, maka kontrol lokal menyebabkan desain lebih efisien, yaitu menghasilkan prosedur pengujian dengan kuasa yang lebih tinggi.

2.4.3 Metode *Response surface*

Metode *response surface* atau biasa disebut RSM (*response surface methodology*) adalah teknik matematika dan statistik yang berguna untuk memodelkan dan menganalisis data dimana respon yang diteliti dipengaruhi oleh beberapa variabel yang tujuannya ialah untuk mengoptimalkan respon. Kebanyakan dalam metode RSM, eksperimen dilakukan dalam dua tahap, yaitu eksperimen orde 1 (model regresi linier berganda) yang merupakan tahap penjarangan faktor dan eksperimen orde II (model regresi kuadrat berganda) yaitu tahap optimasi. Dalam penggunaan metode RSM terdapat dua desain yang dapat digunakan, yaitu (Montgomery, 1997):

a. *Central Composite design*

Merupakan desain yang direkomendasikan untuk eksperimen sekuensial atau perencanaan desain yang dilakukan secara berulang. Untuk desain dengan jumlah faktor yang sama, jumlah eksperimen yang dilaksanakan lebih banyak dibanding dengan *box-behken design*.

Tabel 2.3 Tabel CCD(*Central Composite Design*) (Faulina, 2011)

	Jumlah Variabel, k				
	2	3	4	5	6
n_f (untuk 2 atau 2^k p	4	8	16	32	64
Banyaknya titik aksial = 2k	4	6	8	10	12
$\alpha=(nf)1/4$	1.414	1.682	2.000	2.378	2.828
Nc	Nc	Nc	nc	Nc	nc
Total	8 + nc	14+ nc	24+nc	42+nc	76+nc

b. *Box-Behken Design*

Merupakan perencanaan desain yang digunakan untuk desain eksperimen yang tidak sekuensial yang hanya merencanakan untuk satu kali eksperimen. Untuk desain dengan jumlah faktor yang sama , jumlah eksperimen yang dilaksanakan lebih sedikit dibandingkan dengan *Central Composite design*.

Tabel 2.4 Rancangan Percobaan *Box-Behken Design* dengan k=3 (Kristiyantoro, 2009)

No	X1	X2	X3
1	-1	-1	0
2	1	-1	0
3	-1	1	0
4	1	1	0
5	-1	0	-1
6	1	0	-1
7	-1	0	1
8	1	0	1
9	0	-1	-1
10	0	1	-1
11	0	-1	1
12	0	1	1
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0

Tahap pertama dalam metode permukaan respon adalah mencari fungsi antara variabel respon dan variabel bebas yang tepat. Untuk mengetahui hubungan tersebut biasanya di buat model regresi. Untuk memilih model yang paling sesuai biasanya diperiksa apakah model antar variabel adalah model linier (model orde satu) atau model polinomial. Secara umum bentuk persamaan regresi orde pertama dinyatakan sebagai berikut (Montgomery, 1997):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + e$$

Dimana :

- Y = Variabel respon
- β_0 = intersep
- β_i = Koefisien parameter model
- X_i = Nilai koding variabel bebas
- e = Residual dengan asumsi IIDN $(0, \sigma^2)$

Pendugaan untuk orde pertama adalah (Montgomery, 1997) :

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i X_i$$

Y = Nilai Pendugaan
 b_0 = konstanta
 b_i = taksiran parameter
 X_i = variabel bebas

Sedangkan untuk persamaan model orde kedua ditunjukkan oleh persamaan berikut (Montgomery, 1997) :

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i X_i + \sum_{i=1}^k b_{ii} X_i^2 + \sum_{i < j} \sum b_j X_{ij} X_j + e$$

Penduga untuk persamaan model orde kedua dinyatakan dalam persamaan berikut (Montgomery, 1997) :

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i X_i + \sum_{i=1}^k b_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k b_j X_{ij} X_j$$

Jika k=3 penduga untuk model orde kedua menjadi (Montgomery, 1997) :

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{33}X_3^2 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3$$

Dimana:

X_i = variabel bebas, $i = 1,2,3,\dots,k$

b_0 = konstanta,

b_i = koefisien parameter model

3. Pemeriksaan Asumsi Residual

Residual didefinisikan sebagai selisih antara nilai pengamatan dan nilai dugaannya $e_i = Y_i - \hat{Y}_i$. Dalam analisis regresi terdapat asumsi bahwa residual bersifat bebas satu sama lain (independen) mempunyai mean nol dan varians yang konstan σ^2 (identik) dan berdistribusi normal atau $e_i \sim \text{IIDN}(0, \sigma^2)$. Oleh karena itu dalam setiap pendugaan model harus dilakukan pemeriksaan asumsi apakah terpenuhi atau tidak. Untuk pemeriksaan asumsi apakah model terpenuhi atau tidak, dibawah ini terdapat beberapa uji untuk pemeriksaan asumsi yaitu sebagai berikut (Sudjana, 1994) :

1) Uji Identik

Pengujian varian identik bertujuan untuk memenuhi apakah residual mempunyai penyebaran yang sama. Hal ini dilakukan dengan memeriksa plot e_i terhadap \hat{Y}_i (secara visual). Jika penyebaran datanya acak (menyebar disekitar garis nol) dan tidak menunjukkan pola-pola tertentu maka asumsi identik terpenuhi.

2) Uji Distribusi Normal

Uji distridusi normal dilakukan untuk menguji apakah residual terdistribusi normal atau tidak dilakukan dengan menggunakan *normal probability plot* yang menyatakan probabilitas dari residual suatu respon. Jika plot membentuk garis lurus dari kiri bawah ke kanan atas menunjukkan residual berdistribusi normal. *Kolmogorov-smirnov normality test* merupakan salah satu pengujian kenormalan residual. Hipotesa yang digunakan adalah:

H_0 : residual berdistribusi normal

H_1 : residual tidak berdistribusi normal.

Terima H_0 apabila $P_{value} > \alpha$

4. Pengujian Kesesuaian Model

a. Koefisien Korelasi (r)

Koefisien korelasi menunjukkan kedekatan hubungan antara nilai X (prediktor) dan nilai Y (respon). Semakin mendekati angka 1 atau -1 nilai koefisien korelasinya maka semakin besar pengaruh X terhadap Y. Koefisien korelasi dilambangkan dengan r dan nilainya terletak antara $-1 < r < 1$. Jika $r < 0$ atau negatif maka semakin nilai R mendekati angka -1 semakin besar pula korelasinya. Artinya semakin besar nilai X menyebabkan nilai Y-nya semakin kecil. Sebaliknya jika nilai $r \leq 1$ atau positif maka semakin nilai r mendekati angka 1 maka korelasinya semakin besar atau semakin besar X menyebabkan semakin besar pula nilai Y. Rumus koefisien korelasi adalah:

$$r = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{(n \sum(X)^2 - (\sum X)^2)(n \sum(Y)^2 - (\sum Y)^2)}}$$

b. Koefisien Determinasi (R^2)

Koefisien determinasi (R^2) adalah suatu nilai statistik yang dapat digunakan untuk mengetahui apakah ada hubungan pengaruh antara dua variabel (variabel X dan Y). Nilai koefisien determinasi menunjukkan prosentase total variasi nilai variabel dependen (Y) yang dapat dijelaskan oleh persamaan regresi yang dihasilkan. Koefisien determinasi nilainya terletak antara $0 < R^2 < 1$. Semakin besar nilai R^2 semua variabel X terhadap variabel Y. Untuk mendapatkan model yang baik maka nilai R^2 diharapkan mendekati 1. Secara manual, R^2 dapat dihitung dengan rumus:

$$R^2 = \frac{JKR}{JKT} \cdot 100\% = b_1 \cdot \frac{JK_{XY}}{JK_Y} \cdot 100\%$$

c. Pengujian Adanya Penyimpangan (*Uji Lack of Fit*)

d. Pengujian Adanya Penyimpangan (*Uji Lack of Fit*)

Dalam menentukan ketepatan model diperlukan uji *lack of fit*. Tujuan pengujian *lack of fit* adalah untuk mengetahui kesesuaian model yang dihasilkan. Uji ini menggunakan *mean square lack of fit* dan *mean square pure error* dengan nilai distribusi F.

Hipotesisnya:

H_0 = tidak ada *lack of fit* dalam model

H_1 = ada *lack of fit* dalam model

Uji statistik yang digunakan adalah (Montgomery, 1997) :

$$F_{rasio} = \frac{MS_{LOF}}{MS_{PE}}$$

Tolak H_0 apabila $F_{rasio} > F_{(\alpha; n-k-l-n_\epsilon; n_\epsilon)}$ yang berarti ada ketidaksesuaian (*lack of fit*) antara model yang diduga dengan model sebenarnya.

e. Pengujian Parameter serentak

Hipotesis yang digunakan dalam pengujian parameter regresi secara serentak ialah sebagai berikut (Montgomery, 1997) :

$H_0 : b_1 = b_2 = \dots = b_k = 0$

$H_1 : \text{minimal ada satu } b_j \neq 0; j = 1, 2, \dots, k$

Uji statistik yang digunakan (Montgomery, 1997)

$$F_{hitung} = \frac{MS_R}{MS_E} = \frac{SS_R/k}{SS_E/(N-1-k)}$$

Daerah penolakan yaitu tolak H_0 pada tingkat signifikansi α apabila $F_{hitung} > F_{(\alpha; k; n-1-k)}$ yang berarti secara statistik variabel-variabelnya bebas terhadap perubahan variabel respon Y dalam model. Hipotesanya ialah sebagai berikut:

$H_0 : b_i = 0$

$H_1 : b_1 \neq 0$

Satistik Uji:

$$t = \frac{b_1}{s(b_1)} \text{ dengan } b_1 \text{ adalah taksiran } \beta_1 \text{ dan } s(b_1) = \sqrt{\frac{a^2}{\sum_{i=1}^n (x_1 - \bar{x})^2}}$$

Penolakan hipotesis dilakukan jika $|t_{hitung}| > t_{n-k-1; \alpha/2}$

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT. Berlina TBK Jl. Pandaan – Malang km 43 Kecamatan Pasuruan Propinsi Jawa Timur. Waktu Penelitian dijadwalkan dari bulan September 2017.

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *High Density Polyethylene* (HDPE) dengan komposisi 70 % bijih plastik murni, 30 % plastik *afval* atau *regrain* (sisa pembentukan produk yang tidak ikut dalam konstruksi dasar produk yang kemudian digiling dan diolah kembali sebagai campuran material murni). Temperatur leleh dapat mencapai 300 °C.

3.2.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Mesin *blow molding* tipe BEKUM 206 D yang memproduksi produk 100 ml. Mesin ini mempunyai spesifikasi sebagai berikut: Data teknis mesin

- Merk : BEKUM 206 D
- Jumlah *cavity/mold* : 4/2
- Diameter *Screw* : 100 mm
- Kecepatan *screw* : 11-75 rpm
- Extruder Heating : 3 *zones*
- Transfer *Srtoke* : 700 mm
- Dry Cycle : 3,6 detik

Power Consumption

- Invertor Drive Motor : 75 kw
- Extruder Heater : 25 kw
- Hydraulic Pump Motor : 55 kw
- Cooling Motor : 4 kw
- Die Heater : 18,5 -20 kw

- b. Neraca analitis untuk menimbang berat produk dan volume produk botol 100 ml



Gambar 3.1 Neraca

Spesifikasi :

- Berat max : 500 kg
- Digit display untuk berat : 5 digit
- Ketelitian : 0,01 g

3.3 Tahap Identifikasi Masalah

Pada tahap ini merupakan langkah awal yang dilakukan dalam penelitian yang bertujuan untuk mengetahui kondisi perusahaan yang akan menjadi tempat penelitian tahap ini terdiri dari :

- a. Survey Lapangan dan Identifikasi Variabel Faktor yang Berpengaruh

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan informasi selengkap lengkapnya terkait aktifitas produksi perusahaan dengan tujuan untuk mengetahui kondisi nyata objek yang akan diteliti. Studi lapangan ini meliputi studi proses produksi, spesifikasi produk, dan karakter kualitas. Selain survei lapangan juga di ikuti dengan identifikasi faktor yang berpengaruh. Identifikasi ini bertujuan untuk mengetahui permasalahan yang ada dalam perusahaan tersebut yang kemudian dijadikan bahan penelitian. Pada penelitian ini survei lapangan di PT. Berlina Tbk dilakukan pada divisi *Blow Molding* pada mesin BEKUM 206 D yang memproduksi produk botol 100 ml.

- b. Studi Pustaka

Studi pustaka bertujuan untuk mencari informasi yang berkaitan dengan permasalahan yang diteliti berupa penelitian terdahulu, buku, jurnal, dan dari internet yang relevan dengan permasalahan yang diteliti. Tujuan dari studi pustaka

ini adalah untuk memperoleh teori dan konsep yang dapat dijadikan landasan atau kerangka berpikir dalam menjelaskan permasalahan

c. Perumusan masalah dan Penentuan Tujuan Penelitian

Setelah mengetahui kondisi proses produksi yang terdapat pada perusahaan maka tahap selanjutnya adalah melakukan perumusan masalah dan penentuan tujuan penelitian. Perumusan masalah dan penentuan tujuan dari penelitian ini yaitu memperoleh waktu siklus yang optimal dari mesin BEKUM 206 D yang memproduksi produk botol 100 ml namun *volume* sesuai dengan target yang ditentukan oleh perusahaan, tujuan tersebut dikarenakan waktu siklus produksi dari mesin BEKUM 206 D dinilai masih terlalu lama sehingga berpengaruh terhadap jumlah produksi setiap shiftnya.

d. Penetapan Variabel faktor dan Level yang Digunakan serta variabel respon

Terdapat banyak variabel proses atau faktor yang berpengaruh terhadap proses *blow molding* di PT. Berlina Tbk. Dalam hal ini terdapat dua jenis variabel yaitu meliputi :

1) Variabel Respon (Variabel tak Bebas)

Merupakan salah satu karakteristik kualitas yang kritis pada botol yang dipilih untuk diamati. Dalam hal ini variabel respon yang dipilih adalah waktu siklus (*cycle time*) dan *volume*

2) Variabel Proses (Variabel Bebas)

Merupakan variabel yang besarnya dapat ditentukan dan dikendalikan berdasarkan pertimbangan tertentu dan tujuan dari penelitian itu sendiri. Terdapat banyak variabel yang dapat dikendalikan dalam proses *blow molding*. Akan tetapi dalam penelitian ini dipilih tiga faktor kendali yang diduga memberikan pengaruh yang signifikan terhadap waktu siklus (*cycle time*) dan *volume*. Faktor-faktor tersebut adalah *blowing pressure*, *blowing time*, dan *idle time*.

3) Level yang Digunakan

Penentuan level tahap awal ini bertujuan untuk memperoleh batasan atau level dari variabel yang akan diamati. Level-level tersebut terdiri atas level bawah dengan kode -1, level menengah dengan kode 0, dan level atas dengan

kode +1. Penentuan level yang digunakan berdasarkan standard yang sudah ditentukan oleh perusahaan. Penentuan level masing-masing faktor atau parameter yaitu :

- Penentuan Level *Blowing Pressure* Tahap Awal
- Untuk mendapatkan level yang diinginkan maka perlu dilakukan analisis secara bertahap. Penentuan level *blowing pressure* berdasarkan standard toleransi dan juga melakukan konsultasi dengan pembimbing lapangan dari perusahaan. Toleransi tekanan blowing adalah +- 0,5 bar, sedangkan nilai standard perusahaan adalah 7,2 bar. Maka nilai level yang di gunakan yaitu level bawah (kode -1) : 6,9 bar, level menengah (kode 0): 7,2 bar, dan level atas (kode +1): 7,5 bar.
- Penentuan Level *Blowing Time* Tahap Awal
- Penentuan level blowing time juga melakukan konsultasi dengan pembimbing lapangan yaitu dengan toleransi +- 0,5 detik. Sehingga nilai standart perusahaan adalah 8 detik, maka nilai level bawah (kode -1) : 7,5 detik, level menengah (kode 0) : 8 detik dan level atas (kode +1) : 8,5 detik.
- Penentuan Level *Idle Time* Tahap Awal
- Penentuan level *idle time* juga melakukan konsultasi dengan pembimbing lapangan yaitu dengan toleransi +- 0,2 detik. Nilai standart yang di gunakan adalah 0,5 detik. Nilai ini di gunakan sebagai level menengah (kode 0). Sedangkan level atas (kode +1) yang akan di pakai adalah 0,7 detik, dan level bawah (kode-1) adalah 0,3 detik.

Untuk lebih jelas penjabaran level dari variabel proses di atas dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1 Level yang Digunakan

Faktor	Level Bawah	Level Menengah	Level Atas
Kode	-1	0	+1
<i>Blowing Pressure</i>	6,9 bar	7,2 bar	7,5 bar
<i>Blowing Time</i>	7,5 detik	8 detik	8,5 detik
<i>Idle Time</i>	0,3 detik	0,5 detik	0,7 detik

3.4 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan setelah permasalahan penelitian teridentifikasi. Berdasarkan tahap identifikasi yang telah dilakukan diketahui bahwa metode pemecahan masalah yang digunakan adalah desain eksperimen. Metode desain eksperimen selanjutnya dapat disusun langkah-langkah pemecahan masalah secara sistematis. Tahap ini terdiri dari :

a. Penentuan Desain Eksperimen

Tahap ini merupakan tahap perencanaan sebelum dilakukan eksperimen dengan tujuan agar percobaan yang dilakukan akan mencapai sasaran yang tepat sesuai tujuan yang diinginkan. Tahap ini meliputi:

- Identifikasi faktor-faktor yang berpengaruh pada proses
- Penentuan variabel faktor pada proses
- Penetapan level-level faktor
- Perencanaan eksperimen

b. pelaksanaan experiment

Berikut ini adalah langkah-langkah yang digunakan dalam pengambilan data atau prosedur melakukan eksperimen adalah sebagai berikut:

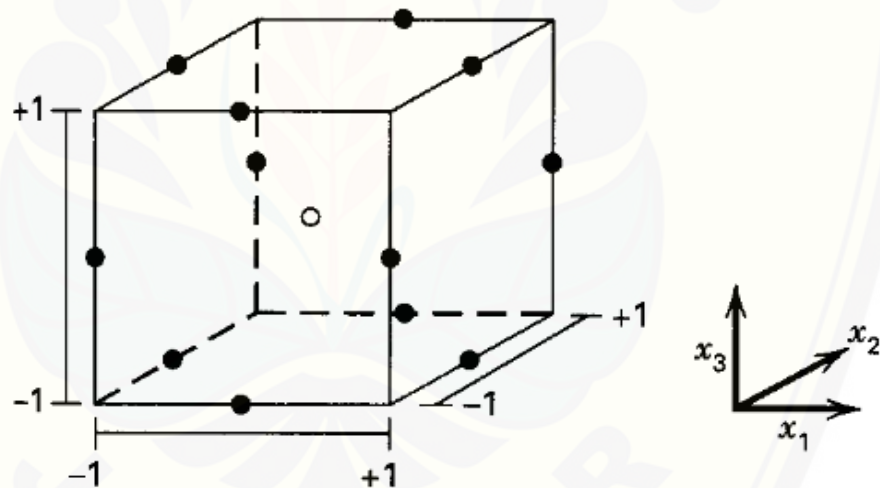
1. Memasukkan bahan baku plastik ke dalam tandon material dan mengatur perbandingan material murni dan material *afval* yang akan diproses yaitu 70 % material murni HDPE dan 30 % material *afval*.
2. Mengatur temperatur *barrel* sesuai dengan *melting point* HDPE.
3. Mengatur *blowing pressure* sesuai standar awal perusahaan yaitu 7,2 bar.
4. Mengatur *blowing time* sesuai standar awal yaitu 8 detik.

5. Mengatur *idle time* sesuai standar awal yaitu 0,5 detik.
6. Menjalankan mesin dengan kondisi maksimum. Yang dimaksud mesin dalam kondisi maksimum adalah mesin pada kondisi panas dan produk yang dihasilkan stabil.
7. Ulangi langkah (1) sampai dengan (6) dengan merubah nilai variabel *blowing pressure*, *blowing time*, dan *idle time* sesuai dengan level.
8. Pengambilan dan pengukuran volume produk dilakukan tiap dua kali proses mesin melakukan proses produksi hingga selesai atau *mold* dalam keadaan terbuka. Jeda satu kali proses produksi dimaksudkan untuk memberikan waktu pada mesin agar lebih beradaptasi pada perubahan *setting* yang dilakukan
9. Pengukuran kecepatan waktu siklus produksi (*cycle time*) menggunakan layar monitor dan pengukuran volume produk menggunakan timbangan yang dimiliki PT. Berlina Tbk.
10. Dilakukan pemeriksaan volume pada setiap hasil percobaan dengan cara menimbang isi botol menggunakan air. Air 1 ml jika dikonversi kedalam berat maka di hasilkan berat 1 gram. Kualitas produk harus sesuai dengan kriteria yang diinginkan PT. Berlina Tbk. Metode pengukuran volume botol :
 - a. Menghidupkan timbangan digital
 - b. Menaruh botol di atas timbangan sampai muncul angka dari berat botol
 - c. Pencet tombol "tare" pada timbangan untuk merubah nilai berat botol menjadi nol
 - d. Ambil botol untuk segera di lakukan pengisian air.
 - e. Setelah selesai terisi, botol di taruh kembali di atas timbangan.
 - f. Jika air belum penuh, maka perlu di lakukan penetesan air sampai penuh.
 - g. Selesai penetesan air sampai penuh maka nilai dari timbangan di catat dan segera dilakukan proses selanjutnya.

c. Analisis data dan optimasi

Metode yang digunakan pada tahap ini adalah metode permukaan respon (*Response Surface Methodology*) dengan desain eksperimen *Box-Behnken*. Tahapan yang harus dilakukan pada analisis data dan optimasi adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pengambilan data
2. Metode pengambilan data dan kombinasi level berdasarkan rancangan *Box Behnken Design*. Alasan memakai rancangan tersebut karena jumlah eksperimen yang dilakukan lebih sedikit sehingga mempersingkat waktu ekperimen. Rancangan *Box-Behnken Design* dapat dilihat pada Tabel 3.2.



Gambar 3.2 Representasi *Box-Behnken design* (Montgomery, 1997)

Tabel 3.2 Rancangan Percobaan dengan *Box-Behnken Design*

No	<i>Blowing Pressure</i>	<i>Blowing Time</i>	<i>Idle Time</i>	<i>Blowing Pressure</i>	<i>Blowing Time</i>	<i>Idle Time</i>
1	-1	-1	0	6,9	7,5	0,5
2	1	-1	0	7,5	7,5	0,5
3	-1	1	0	6,9	8,5	0,5
4	1	1	0	7,5	8,5	0,5
5	-1	0	-1	6,9	8,0	0,3
6	1	0	-1	7,5	8,0	0,3
7	-1	0	1	6,9	8,0	0,7
8	1	0	1	7,5	8,0	0,7
9	0	-1	-1	7,2	7,5	0,3
10	0	1	-1	7,2	8,5	0,3
11	0	-1	1	7,2	7,5	0,7
12	0	1	1	7,2	8,5	0,7
13	0	0	0	7,2	8,0	0,5
14	0	0	0	7,2	8,0	0,5
15	0	0	0	7,2	8,0	0,5

1. Pembentukan model.

Pembentukan model ini adalah pembentukan model yang menyatakan hubungan variabel proses dengan variabel respon yang dibentuk dari nilai koefisien penduga model regresi (model percobaan orde dua). Persamaan penduga untuk model regresi adalah sebagai berikut:

Jika $k = 3$ penduga untuk model orde kedua menjadi (Setyawan, dalam Ihsan, 2015):

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_{11} X_1^2 + b_{22} X_2^2 + b_{33} X_3^2 + b_{12} X_1 X_2 + b_{13} X_1 X_3 + b_{23} X_2 X_3$$

Untuk mendapatkan nilai koefisien, langkah pertama yang dilakukan adalah mengolah data eksperimen menggunakan *software* komputer sehingga didapatkan nilai koefisien. Kemudian nilai koefisien tersebut dimasukkan kedalam persamaan tersebut di atas.

2. Pengujian model.

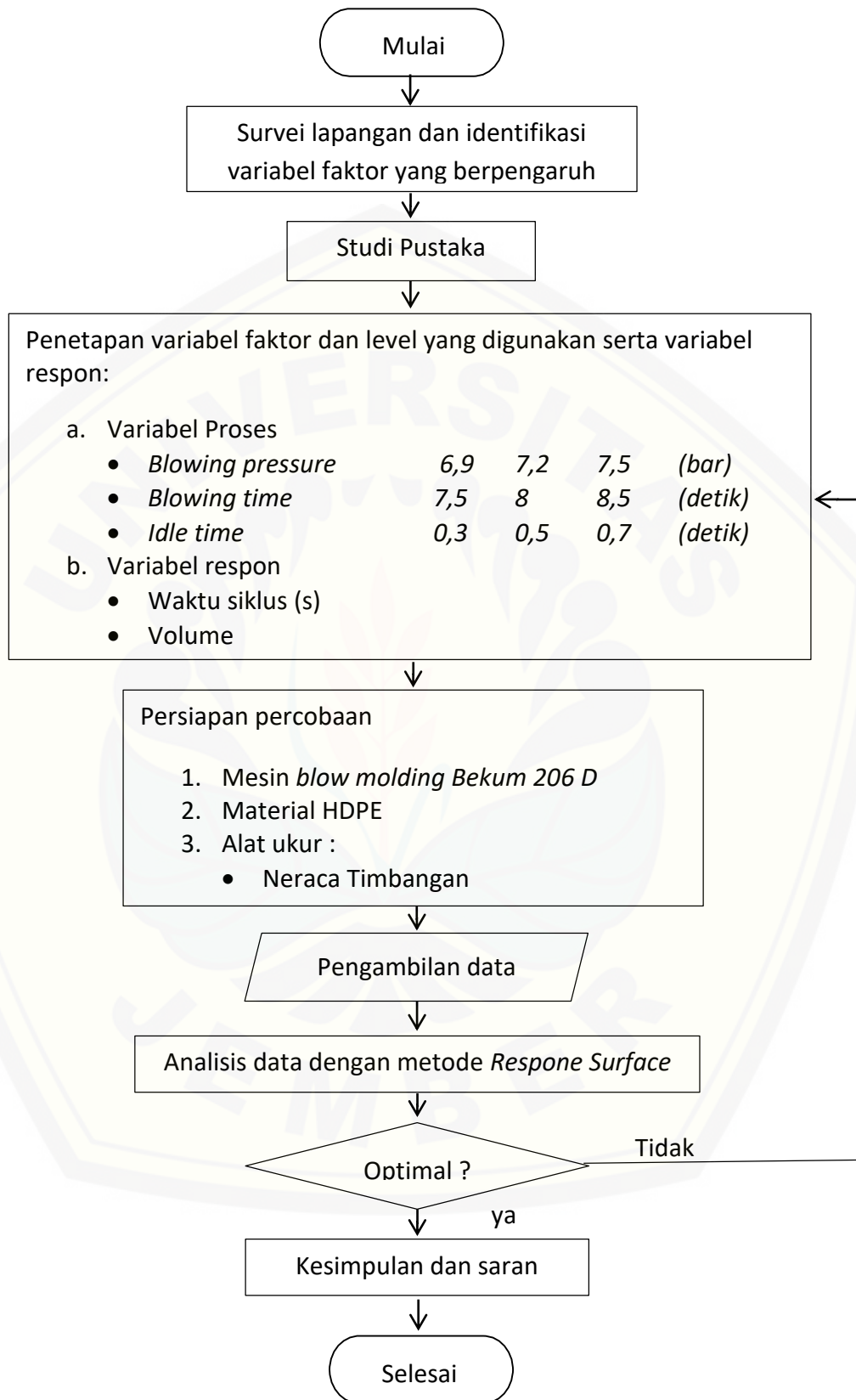
Pengujian dilakukan dengan pengujian asumsi klasik IIDN $(0, \alpha^2)$. Pengujian tersebut antara lain uji identik, uji distribusi normal, dan uji multikolinieritas. Setelah dilakukan pengujian asumsi klasik dilakukan pengujian kesesuaian model. Pengujian yang dilakukan yaitu antara lain uji determinasi (R^2), uji *lack of fit*, uji parameter serentak dan uji parsial.

3.5 Tahap Penarikan Kesimpulan

Tahap ini merupakan tahap akhir dari penelitian yaitu melakukan analisis dan interpretasi (tafsiran) terhadap hasil pengolahan data eksperimen. Dengan analisis dan interpretasi tersebut dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai jawaban atas permasalahan yang telah dirumuskan. Selain itu juga diberikan saran yang berguna untuk penelitian selanjutnya.

3.6 Diagram Alir Penelitian

Adapun urutan pekerjaan yang dilakukan dari awal hingga akhir penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 3.5 Diagram alir penelitian

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- a. Berdasarkan pengolahan data menggunakan minitab 16 variabel proses yang berpengaruh terhadap *cycle time* produksi produk botol 100 ml adalah *blowing time* dan *idle time*. Hal tersebut dibuktikan dengan nilai F-value pada tabel anova yang besar adalah nilai F-value untuk *blowing time* yakni sebesar 19292,22 dan untuk *idle time* yakni sebesar 4335,79
- b. Berdasarkan perhitungan menggunakan minitab 16 variabel proses yang paling berpengaruh terhadap *volume* produk botol 100 ml adalah *blowing pressure*. Hal tersebut dibuktikan dengan nilai F-value pada tabel anova yang paling besar adalah nilai F-value untuk *blowing pressure* yakni sebesar 50,48.
- c. Keadaan optimum dihasilkan pada kondisi *blowing pressure* sebesar 7,5 bar, *blowing time* sebesar 7,65 detik, dan *idle time* 0,305 detik. Pada keadaan ini produksi dapat dipercepat sebesar 5,12%. Dari keadaan optimum tersebut *cycle time* yang dihasilkan yaitu 12,0973 detik dengan nilai volume yang dihasilkan sesuai pada standar yaitu 129 ml.
- d. Dengan *cycle time* 12,0973 detik dengan *volume* sesuai standar, produk yang dihasilkan berjumlah $\pm 2.380/\text{cavity}/\text{pershift}$ atau naik sekitar 5,40%. Jumlah tersebut berdasarkan jumlah produk yang dihasilkan pada *cycle time* sebelumnya yaitu 12,75 detik yang menghasilkan produk $\pm 2.258/\text{cavity}/\text{pershift}$.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian, saran yang dapat penulis sampaikan adalah sebagai berikut:

- a. Penelitian ini merupakan solusi dalam mengatasi masalah optimasi produksi dengan perhitungan statistik, perusahaan diharapkan dapat menjadikan hasil penelitian ini sebagai pertimbangan untuk dapat digunakan dan diterapkan pada produksi botol 100 ml.
- b. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan parameter lain seperti, *temperature*, *RPM extruder*, *setting parison* dll. Untuk mendapatkan hasil setting yang mendekati kebutuhan perusahaan secara menyeluruh.
- c. Dalam pengambilan sampel pada suatu penelitian diharapkan melakukan pengulangan percobaan yang lebih dari penelitian ini untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Belcher, S.L. 2011. *Applied Plastics Engineering Handbook*. Moscow
- Faulina, Ria., Ahyani, Shofi. 2011. *Response Surface Methodology (RSM) dan Aplikasinya*. Surabaya : Jurusan Statistika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Gibran, M., K. 2016. Optimasi Waktu Siklus Produksi Kemasan Produk 50 ml Pada Proses *Blow Moulding* dengan Metode *Response Surface*. Jember: Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember
- Ihsan, M. S. 2015. “Optimasi Waktu Siklus Produk Botol 150 ml pada Proses *BlowMolding* Menggunakan Metode Respon Permukaan”. Tidak Diterbitkan.
- Iriawan, Nur. 2006. Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab *14*, Yogyakarta : Andi Yogyakarta
- Klein, R. 2011. *Materials Properties of Plastics, in laser weilding of plastics : Materials, Processes and Industrial Aplications*, Wiley-VHC GmbH & Co. KgaA, Weinheim, Germany.
- Kristiyantoro, Tatag. 2009. Optimasi Waktu Siklus Pembuatan Kemasan Produk *Chamomile* 120 ml dengan Proses *Blow Molding*. Jember : Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember
- Kutz, M. 2011. *Applied Plastics Engineering Handbook*. Amsterdam : *Prodessing, Materials and Applications*
- Lee, Norman. C. 2006. *Pratical Guide to Blow Molding*. Inggris : Rapra Tegnology
- Montgomery, Douglas. C. 1997. *Design and Analysis of Experiments*. 5th edition. Australia : John Wiley & Sons Inc
- Musthofa, Ariezal., Irfa’i, Arif. 2004. *Penentuan Setting Parameter Pembuatan Botol DK 8251 B pada Proses Blow Molding dengan Menggunakan RSM (Response Surface Methodology)*. Surabaya : Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya
- Paramita, Sindi., Dkk. 2012. *Industry Update Volume 12*. Jakarta : PT. Bank Mandiri (Persero) Tbk

- Sinaga, Dewi. 2011. *Peranan Devinil Benzena Terhadap Kompatibilitas Campuran Low Density Polyethylene (LDPE) dan Abu Ban Bekas Menggunakan Inisiator Dikumul Peroksida*. Medan : Jurusan Kimia FMIPA USU
- Sudjana. 1994. *Desain dan Analisis Eksperimen*. Edisi III. Bandung :Tarsito
- Yam, Kit L. 2009. *Encyclopedia of Packaging Technology*. 3th edition. Australia : John Wiley & Sons Inc



Lampiran A. Data Cycle Time Hasil Percobaan Menggunakan Design Box Behnken

No	Variable Proses			Hasil Cycle Time (detik)			Rata-rata
	<i>Blowing Pressure</i>	<i>Blowing Time</i>	<i>Idle Time</i>	A	B	C	
1	6,9	7,5	0,5	12.19	12.19	12.21	12.20
2	7,5	7,5	0,5	12.17	12.18	12.19	12.18
3	6,9	8,5	0,5	13.36	13.38	13.37	13.37
4	7,5	8,5	0,5	13.35	13.36	13.35	13.35
5	6,9	8,0	0,3	12.50	12.52	12.51	13.51
6	7,5	8,0	0,3	12.49	12.48	12.48	12.48
7	6,9	8,0	0,7	13.08	13.08	13.09	13.08
8	7,5	8,0	0,7	13.05	13.06	13.04	13.05
9	7,2	7,5	0,3	11.93	11.91	11.92	11.92
10	7,2	8,5	0,3	13.08	13.09	13.09	13.09
11	7,2	7,5	0,7	12.44	12.47	12.46	12.46
12	7,2	8,5	0,7	13.65	13.66	13.64	13.65
13	7,2	8,0	0,5	12.73	12.75	12.74	12.74
14	7,2	8,0	0,5	12.71	12.74	12.72	12.72
15	7,2	8,0	0,5	12.74	12.76	12.74	12.75

Lampiran B. Data *Volume* Hasil Percobaan Menggunakan Design Box Behnken

No	Parameter			Hasil <i>Volume</i> (ml)			Rata-rata
	<i>Blowing Pressure</i>	<i>Blowing Time</i>	<i>Idle Time</i>	A	B	C	
1	6,9	7,5	0,5	128,77	128,77	128,76	128,77
2	7,5	7,5	0,5	128,96	128,95	128,97	128,96
3	6,9	8,5	0,5	128,92	128,90	128,91	128,91
4	7,5	8,5	0,5	129,13	129,12	129,12	129,12
5	6,9	8,0	0,3	128,93	128,93	128,94	128,93
6	7,5	8,0	0,3	129,08	129,09	129,09	129,09
7	6,9	8,0	0,7	129,00	128,99	129,00	129,00
8	7,5	8,0	0,7	129,12	129,13	129,13	129,13
9	7,2	7,5	0,3	128,88	128,88	128,87	128,88
10	7,2	8,5	0,3	129,03	129,03	129,03	129,03
11	7,2	7,5	0,7	129,04	129,03	129,04	129,04
12	7,2	8,5	0,7	129,10	129,10	129,09	129,10
13	7,2	8,0	0,5	128,99	129,00	128,99	128,99
14	7,2	8,0	0,5	129,03	129,03	129,03	129,03
15	7,2	8,0	0,5	129,04	129,04	129,05	129,04

Lampiran D. Analisa Response Surface untuk Cycle Time
Response Surface Regression: CT versus BP, BT, IT

Estimated Regression Coefficients for CT

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	12.7378	0.006896	1847.191	0.000
BP	-0.0133	0.004223	-3.157	0.025
BT	0.5865	0.004223	138.896	0.000
IT	0.2781	0.004223	65.847	0.000
BP*BP	0.0178	0.006216	2.871	0.035
BT*BT	0.0173	0.006216	2.782	0.039
IT*IT	0.0248	0.006216	3.989	0.010
BP*BT	0.0004	0.005972	0.070	0.947
BP*IT	-0.0021	0.005972	-0.349	0.741
BT*IT	0.0043	0.005972	0.721	0.503

S = 0.0119438 PRESS = 0.00451188
 R-Sq = 99.98% R-Sq(pred) = 99.87% R-Sq(adj) = 99.94%

Analysis of Variance for CT

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	9	3.37612	3.37612	0.37512	2629.61	0.000
Linear	3	3.37206	3.37206	1.12402	7879.33	0.000
BP	1	0.00142	0.00142	0.00142	9.97	0.025
BT	1	2.75212	2.75212	2.75212	19292.22	0.000
IT	1	0.61852	0.61852	0.61852	4335.79	0.000
Square	3	0.00397	0.00397	0.00132	9.28	0.017
BP*BP	1	0.00082	0.00118	0.00118	8.24	0.035
BT*BT	1	0.00088	0.00110	0.00110	7.74	0.039
IT*IT	1	0.00227	0.00227	0.00227	15.91	0.010
Interaction	3	0.00009	0.00009	0.00003	0.22	0.882
BP*BT	1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00	0.947
BP*IT	1	0.00002	0.00002	0.00002	0.12	0.741
BT*IT	1	0.00007	0.00007	0.00007	0.52	0.503
Residual Error	5	0.00071	0.00071	0.00014		
Lack-of-Fit	3	0.00021	0.00021	0.00007	0.28	0.839
Pure Error	2	0.00050	0.00050	0.00025		
Total	14	3.37684				

Lampiran D. Analisa Response Surface untuk Volume
Response Surface Regression: V versus BP, BT, IT

Estimated Regression Coefficients for V

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	129.020	0.01954	6604.119	0.000
BP	0.085	0.01196	7.105	0.001
BT	0.064	0.01196	5.329	0.003
IT	0.044	0.01196	3.657	0.015
BP*BP	-0.026	0.01761	-1.491	0.196
BT*BT	-0.054	0.01761	-3.052	0.028
IT*IT	0.046	0.01761	2.626	0.047
BP*BT	0.005	0.01692	0.296	0.779
BP*IT	-0.010	0.01692	-0.591	0.580
BT*IT	-0.023	0.01692	-1.330	0.241

S = 0.0338378 PRESS = 0.07235

R-Sq = 95.80% R-Sq(pred) = 46.97% R-Sq(adj) = 88.25%

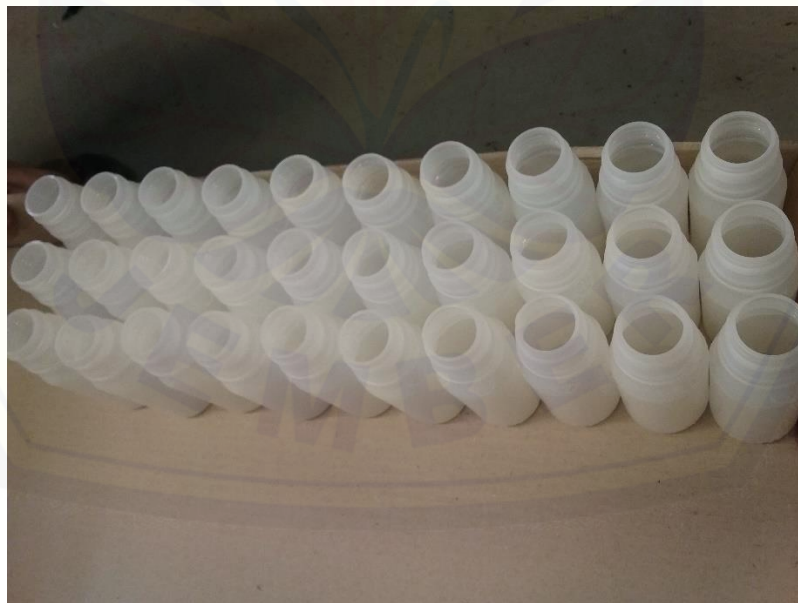
Analysis of Variance for V

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	9	0.130715	0.130715	0.014524	12.68	0.006
Linear	3	0.105625	0.105625	0.035208	30.75	0.001
BP	1	0.057800	0.057800	0.057800	50.48	0.001
BT	1	0.032512	0.032512	0.032512	28.40	0.003
IT	1	0.015312	0.015312	0.015312	13.37	0.015
Square	3	0.022565	0.022565	0.007522	6.57	0.035
BP*BP	1	0.002469	0.002544	0.002544	2.22	0.196
BT*BT	1	0.012198	0.010667	0.010667	9.32	0.028
IT*IT	1	0.007898	0.007898	0.007898	6.90	0.047
Interaction	3	0.002525	0.002525	0.000842	0.74	0.574
BP*BT	1	0.000100	0.000100	0.000100	0.09	0.779
BP*IT	1	0.000400	0.000400	0.000400	0.35	0.580
BT*IT	1	0.002025	0.002025	0.002025	1.77	0.241
Residual Error	5	0.005725	0.005725	0.001145		
Lack-of-Fit	3	0.004325	0.004325	0.001442	2.06	0.343
Pure Error	2	0.001400	0.001400	0.000700		
Total	14	0.136440				

Lampiran E.

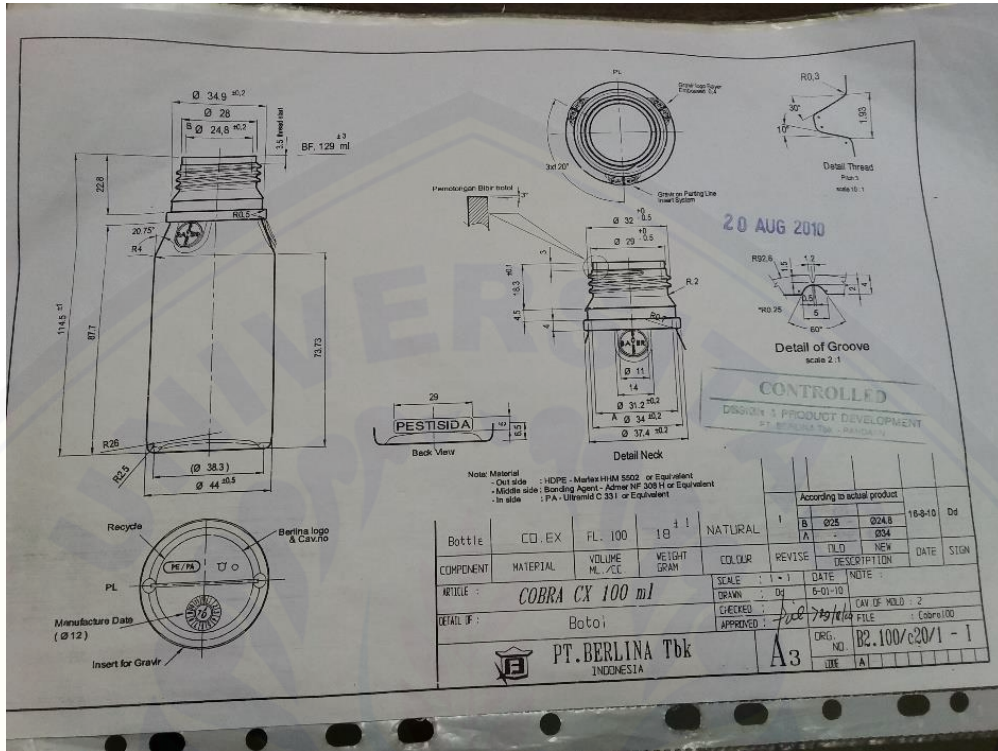


Gambar E.1 Produk Botol 100 ml



Gambar E.2 Sampel percobaan Botol 100 ml

Lampiran F. Gambar Desain dan Spesifikasi Produk



Gambar F.1 Gambar Desain Produk

		QC Inspected by / Data Entry By			
No.	Dimensi	Unit	Lower	Standard	Upper
1	Tinggi Neck dari Snap	mm	18,20	18,30	18,40
2	Diameter Ulir	mm	31,50	31,75	32,00
3	Diameter Snap	mm	34,70	34,90	35,10
4	T. Total	mm	113,5	114,5	115,5
5	Diameter Body	mm	43,5	44	44,5
6	Volume BF	ml	126	129	132
7	Weight / Netto	gr	17	18	19
8	Diameter Body Atas	mm	43,5	44	44,5
9	Diameter Body Tengah	mm			
10	Diameter Body Bawah	mm			
11	Selisih ketebalan dinding	mm	Max 0,2		

Gambar F.2 gambar Spesifikasi Produk

Lampiran G. Gambar Pengujian Isi Volume Botol 100 ml



Gambar G.1 Pengujian isi Volume Produk Botol 100 ml



Gambar G.2 Pengujian isi Volume Produk Botol 100 ml

Lampiran H. Protokol Setting Udara dan *Setting Time Relay*

II.SETTING TEKANAN UDARA			III.SETTING TIME RELAY		
Bagian	Set. Standart	Set. Actual	Time Relay	Set. Standart	Set. Actual
Operating Air	7,0-8,0 Bar	Bar	Blowing Time	8,0-10,0	0T
Blowing Air	7,0-8,0 Bar	Bar	Idle Time	0,3-0,6	0T

ACTUAL DIMENSI PRODUK								
BAGIAN PRODUK	Cav. 1	Cav. 2	Cav. 3	Cav. 4	Cav. 5	Cav. 6	Cav. 7	Cav. 8
Ø Mulut								
Ø Ullir / Snap								
Tinggi Neck								
Berat Netto								
Volume								

CATATAN SAAT PRODUKSI				
TGL	SHIFT	PROBLEM	CARA PENANGANAN	HASIL AKHIR

Gambar H. Protokol Setting Udara dan *Setting Time Relay*

Lampiran I. Surat perizinan Penelitian PT. Berlina



Gambar I. Surat perizinan Penelitian PT. Berlina